CHEMISTRY

2019

مفتاح الكيمياء

الفصل الاول - الثرموداينمك



حسين الهاشمي

الكيمياء | السادس الاحيائي 6



الثرموداينمك : وهو العلم الذي يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل اكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود إلى أنواع أخرى من الطاقات مثل الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات

أهم الخواص التي يفسرها علم الثرموداينمك :

1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية

2-التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة واحدة أو أكثر عند ظروف معينة .

3- حدوث بعض التفاعلات تلقائية وأخرى لاتحدث أبدا بشكل تلقائي عند نفس الظروف .

4-سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية سواء في التفاعلات نفسها أو في الوسط المحيط بها

ملاحظة : لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه حدوث التفاعلات فهو ينبأ في ما أذا كان هذا التفاعل قابل للحدوث أم لا دون أن يبين سرعة حدوث هذا التغيير لان سرعة حدوث التفاعل من اهتمام علم الحركيات

يمكن تقسيم الطاقة إلى قسمين

الطاقة الكامنة : وهي الطاقة المخزونة في جميع أنواع المواد والوقود

الطاقة الحركية : وتشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك وكذلك السيارات والطائرات

خواص النظام : وهي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتهما أو قياسها مثل عدد المولات للمادة أو المواد المجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية للمواد والحجم والضغط ودرجت الحرار

يمكن تحويل الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقه حركية أذا تمت حركت الماء من أعلى الشلال إلى أسفله لان الطاقة الناتجة يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية

القانون الاول لعلم الثرموداينمك :

الطاقة لاتفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر .

وحدات الطاقة :

الجول Joule : هي الوحدة المستخدمة للتعبير عن الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات (SI)

$$1\ \text{Joule} = 1\ \text{Kg}.\frac{m^2}{s^2}$$



حيث إن : Kg: كيلوغرام   m : متر   S : ثانية

الطاقة الحركية (KE): هي حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعة $KE = \frac{1}{2} m V^2$

وحدات الطاقة $Joule = J = kg . \frac{m^2}{s^2}$

مثال : احسب الطاقة الحركية لجسم كتلته 2 Kg يتحرك لمتر خلال ثانية واحدة

الحل : $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ $\left(V^2 = \frac{d^2}{t^2}\right)$ السرعه

$KE = \frac{1}{2} m . V^2$

$KE = \frac{1}{2} \times 2 \times \frac{1^2}{1^2}$

$KE = 1 \ Joule = Kg . \frac{m^2}{s^2}$

وحدات درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك : هي الكلفن K وتحسب من القانون

حساب $T_K = t_{C^\circ} + 273$

حساب $t_{C^\circ} = T_K - 273$

بعض مصطلحات الثرموداينمك :

النظام : وهو جزء معين من الكون نهتم بدراسته يتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة .

المحيط : وهي ما يتبقى خارج حدود النظام

المجموعة (الكون) :وهو ما يطلق على النظام و المحيط (المجموعة = النظام + المحيط)

يمكن تقسيم النظام حسب العلاقة بالمحيط :

1- **النظام المفتوح** :وهو النظام الذي تكون حدوده تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مع المحيط مثل إناء معدني يحتوي على ماء مغلي .

2- **النظام المغلق** :وهو النظام الذي تكون حدوده تسمح بتبادل الطاقة فقط ولأتسمح بتغيير كمية مادة النظام .

3- **النظام المعزول** : وهو النظام الذي تكون حدوده لا تسمح بتبادل المادة والطاقة مع المحيط أي أن النظام لايتاثر ابدآ بالمحيط مثل الثرموس.

الحرارة : وهي احد إشكال الطاقة ويرمز لها بالرمز (q) وهي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين درجة حرارتهما مختلفة ووحدتها هي (Joule)

درجة الحرارة : وهي مقياس للطاقة الحرارية ويمز لها بالرمز T

التغيير في درجت الحرارة : $\Delta T = T_f - T_i$ or $\Delta T = T_2 - T_1$

تتناسب الحرارة المفقودة أو المكتسبة لجسم ما طردياً مع التغيير في درجات الحرارة

1) $q \propto \Delta T$

يمكن تحويل التناسب الى مساواة بضرب ΔT بثابت يدعى السعه الحرارية C

2) $q = C \times \Delta T$

ترتبط السعة الحرارية بالحرارة النوعية بالعلاقة التالية

3) $C = \varsigma \times m$

q	كمية الحرارة	J
m	الكتلة	g
ς	الحرارة النوعية	J/ g °C
C	السعة الحرارية	J/°C
ΔT	التغيير في الحرارة	°C

وبتعويض معادلة 3 بـ 2 يصبح القانون :

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$J \rightarrow \frac{\text{نقسم}}{1000} \rightarrow KJ$$

$$KJ \rightarrow \frac{\times 1000}{\text{نضرب}} \rightarrow J$$

$$= \frac{J}{g.c^{\circ}} . \frac{g}{1} . \frac{c^{\circ}}{} = J$$

س 6 : ما الفرق بين السعة الحرارية و الحرارة النوعية وماهي وحدات هاتين الكميتين

السعة الحرارية (c) : وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة m مقدرة بالغرام (g) من أي مادة درجة سيليزية واحدة و وحداتها J/°C

الحرارة النوعية (ς) : وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد (1g) من اي مادة درجة سيليزية واحدة و وحدتها J/g. °C

مثال 1 : ما مقدار الحرارة الناتجة عن تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870 g من 5 C° إلى 95 C° علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45 J/g. °C

الحل :

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 45 - 5 = 90C^{\circ}$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$

$q = 0.45 \times 870 \times 90$

$q = 35235\,J$



J ⟵ KJ نقسم على 1000

$q = \frac{35235}{1000} = 35.235\ KJ$

تمرين 1 : تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنسيوم كتلتها (10g) من (25c°) إلى (45c°) مع اكتساب حرارة مقدارها (205 J) احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم

الحل :

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 45 - 25 = 20C^\circ$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$

$\varsigma = \frac{q}{m \times T} = \frac{205}{10\times20} = \frac{205}{200} = 1.03\ J/g.C^\circ$



س 9 : قطعة من الفضة كتلتها (360 g) وسعتها الحرارية (86 J/c°) احسب حرارتها النوعية ؟

الحل :

$c = \varsigma \times m$

$\varsigma = \frac{c}{m} \Rightarrow \varsigma = \frac{86}{360} = 0.\sout{328}\ J/g°C$ 0.238

س 10 : قطعة من النحاس كتلتها (6g) سخنت من (21c°) إلى (124c°) احسب كمية الحرارة بوحدات الكيلو جول (KJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس (0.39 J/g. c°)

الحل :

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 124 - 21 = 103°C$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$

$q = 0.39 \times 6 \times 103$

$q = 241\ J$

ولتحويل كمية الحرارة من J إلى KJ نقسم على 1000

$q\ (KJ) = \frac{241}{1000} = 0.241\ KJ$

س 11 : احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (KJ) من (350 g) زئبق عند تبريدها من (77c°) إلى (12c°) اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g. °C)

الحل :

12 − 77

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = \sout{77 - 12}$ 12 − 77 $= -65C^\circ$

$q = 0.14 \times 350 \times -65$

$q = -3185\ J$

$q(KJ) = \frac{-3185}{1000} = -3.185\ KJ$

س 12 : أذا تم رفع درجة حرارة (34g) من الايثانول من (25°C) إلى (79°C) احسب كمية الحرارة الممتصة بواسطة الايثانول أذا علمت أن الحرارة النوعية للايثانول (2.44 J/g. c°)

$\Delta T = T_2 - T_2$
$\Delta T = 79 - 25$
$\Delta T = 54°C$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$
$q = 2.44 \times 34 \times 54 = 4479J$

هنا لم يطلب (q) كمية الحرارة ب (KJ) أذاً نبقيها بوحدة (J)

س 13 : سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها (155 g) من درجة حرارة (25c°) إلى (40c°) ما أدى إلى امتصاص حرارة مقدراها (5700 J) احسب الحرارة النوعية لهذه المادة

الحل :

$\Delta T = T_2 - T_1$
$\Delta T = 40 - 25 = 15C°$

$q = \varsigma \times M \times \Delta T$
$\varsigma = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5700}{155 \times 15} = \frac{5700}{2325} = 2.45\ J/g.C°$

س 14 : 4.5 g من حبيبات ذهب امتصت (276 J) من الحرارة عند تسخينها فإذا علمت أن الحرارة الابتدائية كانت (25C°) احسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت أليها أذا علمت أن الحرارة النوعية للذهب 0.13 J/g . c°

الحل :

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$
$276 = 0.13 \times 4.5 \times \Delta T$
$\Delta T = \frac{276}{0.13 \times 4.5} = \frac{276}{0.585} = 471.7$

$\Delta T = T_2 - T_1$
$471.7 = T_2 - 25$

عند التقريب

$T_2 = 471.7 + 25 \rightarrow T_2 = 496.8C°$



حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي) ΔH

تحدث اغلب العمليات الكيميائية تحت ضغط ثابت وقليل جداً منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فان الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي تجري قياسها بشكل أسهل عند ضغط ثابت (الضغط الجوي) من عملية قياسها

الانثالبي : وهي دالة ثرموداينمكية وخاصية شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها بالرمز (H) ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لانها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها ΔH



$$\Delta H = q_P$$

$(\Delta H > 0 = +)$ يكون التفاعل ماص للحرارة

$(\Delta H < 0 = -)$ يكون التفاعل باعث للحرارة

$$\Delta H = \Delta H - \Delta H$$

انثالبي التفاعل = نواتج − متفاعلات

س 4 : ماذا نعني بدالة الحالة واعط مثال على كميتين تعدان دوال حالة ومثال على دالة مسار (دالة غير حالة)

دالة الحالة : وهي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسلك الذي يتم من خلاله التغير ومن الامثلة عليها الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة

ان الحرارة او الشغل لاتعتبر دوال حالة لان قيمتها تتغير بتغير ظروف التجربة حيث انها تعتمد على المسار او الخطوات التي يتم من خلاله التغيير لذا فهي لا تعتمد على الحالة الابتدائية و الحالة النهائية للنظام فقط

لايمكن قياس القيمة المطلقة لدوال الحالة وانما يمكن قياس مقدار التغيير (Δ) لهذه الدوال

س 7 : ما الفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة مع اعطاء امثلة لكل منهما ؟

الخواص العامة للمواد

تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين :

1 – **الخواص الشاملة :** وتشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتله والحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة

2 – **الخواص المركزة :** وتشمل جميع الخواص التي لاتعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية .

علل/ ان الانثالبي دالة حالة وهي خاصية شاملة ؟

ج/ لانها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل (2mol) من مادة يساوي ضعف التغير في انثالبي تفاعل (1mol) من المادة نفسها

الكيمياء الحرارية: علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة و المنبعثة (المتحررة) نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية



كيف يمكن معرفة التفاعل ماص ام باعث

يكون التفاعل ماص للحرارة في حالتين

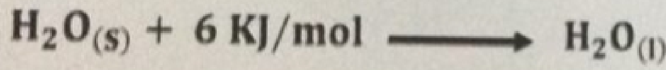
الحالة الأولى : اذا كانت اشارة (ΔH°_r) موجبة



$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = +6\ KJ/mol$$

الحالة الثانية : اذا كانت الطاقة في المتفاعلات

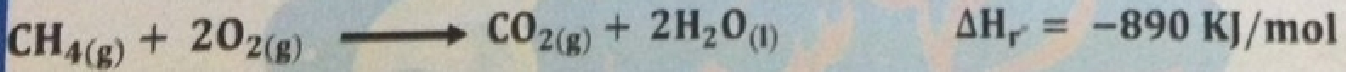
معادلة انصهار الجليد



$$H_2O_{(s)} + 6\ KJ/mol \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

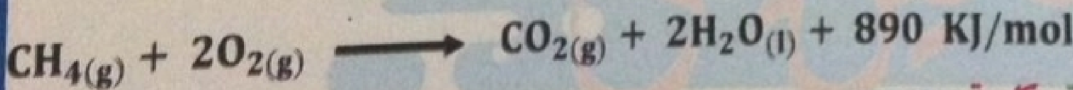
يكون التفاعل باعث للحرارة في حالتين

الحالة الاولى : اذا كانت اشارة − = ΔH_r سالبة



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r = -890\ KJ/mol$$

الحالة الثانية : اذا كانت الطاقة في النواتج



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890\ KJ/mol$$

قد يستبدل كلمة طاقة بكلمة energy

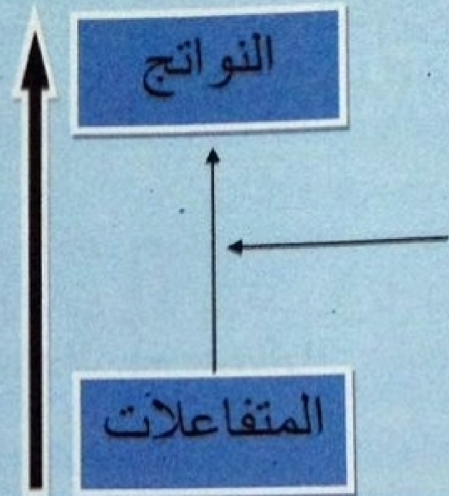
ملخص

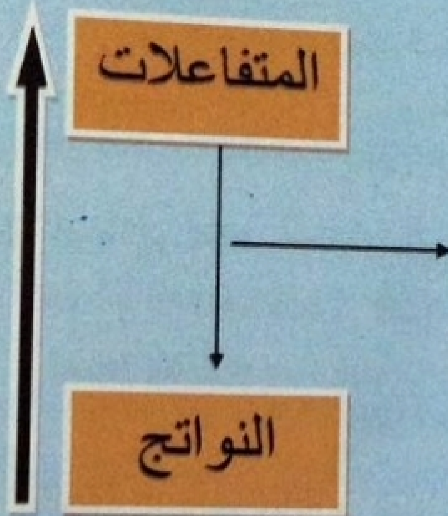
التفاعل الماص	التفاعل الباعث
ΔH +	ΔH −
الطاقة بالمتفاعلات	الطاقة بالنواتج

ماص موجب

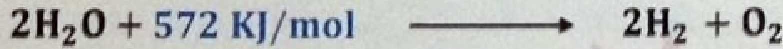
مخطط الطاقة للتفاعل الماص و الباعث (كيفية رسم المخطط)

التفاعل الماص للحرارة	التفاعل الباعث للحرارة
اذا كان التفاعل ماص للحرارة نضع النواتج الى الأعلى والمتفاعلات الى الأسفل مع مراعات ان السهم يخرج من المتفاعلات الى النواتج	اذا كان التفاعل باعث للحرارة توضع المتفاعلات الى الاعلى والنواتج الى الأسفل مع مراعات ان السهم يخرج من المتفاعلات الى النواتج

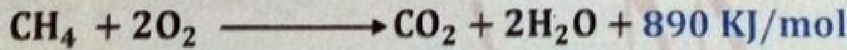




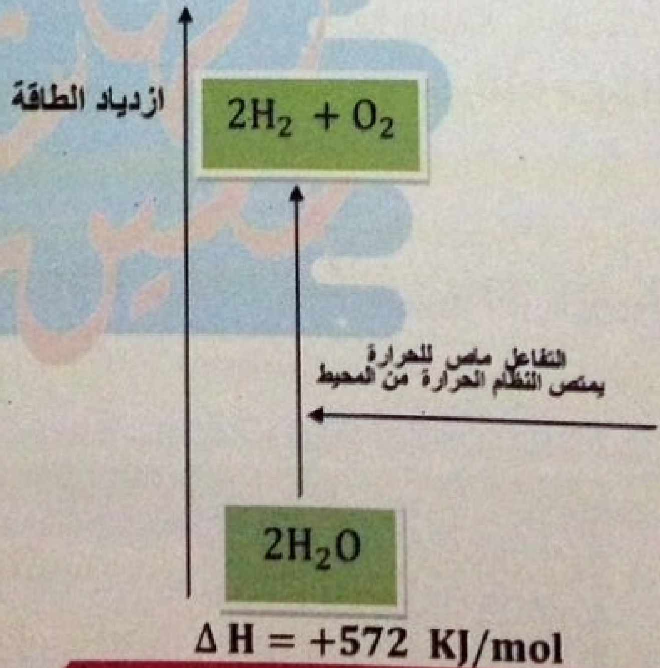
س : ارسم مخطط الطاقة للتفاعلات الاتية :



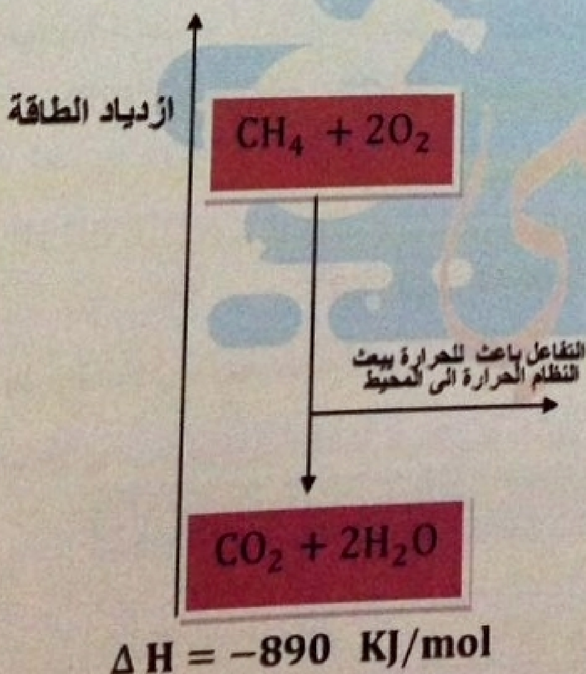
$$2H_2O + 572\ KJ/mol \longrightarrow 2H_2 + O_2$$



$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + 890\ KJ/mol$$



$\Delta H = +572\ KJ/mol$



$\Delta H = -890\ KJ/mol$

قياس انثالبي التفاعل :

يستخدم جهاز يسمى المسعر لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط حيث توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة

مكونات المسعر :



س 8 : صف المسعر الحراري الذي تتم بواسطته قياس الحرارة الممتصة والمنبعثة عند ثبوت الضغط (q_p) اي الانثالبي (ΔH)

ج : يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء معروف الكتلة موجودة في وعاء معزولا عزلاً جيداً

- بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل نرفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته مهملة

خطوات حل اسئلة المسعر

1- نقوم بكتابة المعطيات كاملة (الماء و المادة الأخرى كلاً على حدا)

2- نستخرج (ΔT) للماء من القانون $\Delta T = T_2 - T_1$

3- نستخرج (q) كمية الحرارة للماء من القانون $q = ς \times m \times \Delta T$

4- نحول اشارة (q) للماء الى سالبة لان الحرارة متحررة (منبعثة)

5- نستخرج عدد المولات المادة الأخرى من القانون $n = \frac{m}{M}$

6- نستخرج (q) لمول واحد للمادة الاخرى من القانون $q_{\text{لمول واحد}} = \frac{q_{\text{للماء}}}{n}$

ملاحظات

- بما ان كمية الحرارة (q) التي تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فأنها تمثل الانثالبي ΔH

لان $\Delta H = q_{\text{لمول واحد}}$

- اذا طلب الوحدة بال (KJ) تقسم على 1000

- اذا طلب كمية الحرارة نتيجة احتراق أكثر من مول نضرب النتاج النهائي بعدد المولات المطلوبة .

مثال 2 : باستخدام المسعر وضعت (3g) من مركب الكلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) الكتلة المولية للكلولوز (180 g/mol) في وعاء العينة ثم ملئ وعاء التفاعل بغاز الأوكسجين وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية (1200 g) من الماء (الحرارة النوعية للماء (4.2 J/g.c°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية تساوي (21.0c°) احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان التفاعل رفع درجة الحرارة المسعر ومحتوياته إلى (25.5c°) احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة (KJ) نتيجة احتراق (1mol) من الكلوكوز على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة .

الحل :

$$\Delta T = T_2 - T_1$$
$$\Delta T = 25.5 - 21.0$$
$$\Delta T = 4.5\ C^{\circ}$$

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$
$$q = 4.2 \times 1200 \times 4.5$$
$$q = 42 \times 12 \times 45$$
$$q = 22680\ J$$

لان الحرارة منبعثة ستكون الاشارة سالبة $q = -22680\ J$

نستخرج عدد مولات الكلوكوز $n = \frac{m}{M} = \frac{3}{180} = 0.0166 \approx 0.017\ mol$ للكلوكوز

نستخرج (q) لمول واحد الكلوكوز $q = \frac{q}{n} = \frac{-22680}{0.017} = -1334117\ J/mol$

نحول الوحدات من (J) إلى (KJ) بالقسمة على 1000 $q = \frac{-1334117}{1000} = -1334.117\ KJ/mol$

بما ان كمية الحرارة مقاسه في المسعر (تحت ضغط ثابت) فأن

$$q = \Delta H = -1334.117\ KJ/mol$$

تمرين 2 : اذا تم حرق (3g) من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية تساوي (32 g/mol) في مسعر مفتوح يحتوي على (1000 g) من الماء الحرارة النوعية للماء (4.2 J/g.c°) فان درجة الحرارة ترتفع من (24.6c°) الى (28.2c°) احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق والانثالبي لأحتراق (1mol) من الهيدرازين بوحدة (KJ / mol) على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

الحل :

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$\Delta T = 28.2 - 24.6 = 3.6°C$

$q = c \times m \times \Delta T$

$q = 4.2 \times 1000 \times 3.6$

$q = 42 \times 10 \times 36 = 15120\,J$

نحول أشارة (q) سالبة لان الحرارة متحررة

$q = -15120\,J$

نستخرج عدد مولات الهيدرازين

$n = \frac{m}{M} = \frac{3}{32} = 0.093 g/ mol$

نستخرج (q) لمول واحد من الهيدرازين

$q = \frac{q}{n} = \frac{-15120}{0.093} = -162580\ J/mol$

نحول الوحدات من(J) الى (KJ) بالقسمة على1000

$q = \frac{-162580}{1000} = -162.5\ KJ/mol$

س 17 : اذا تم حرق عينة كتلتها (1.5 g) من حامض الخليك ($CH_3\ COOH$) (الكتلة المولية للحامض / g 60) mol) بوجود كمية وافية من الأوكسجين وكان المسعر يحتوي على (750 g) من الماء (الحرارة النوعية للماء ($4.2\ J/g. c°$) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من ($24. c°$)الى ($28. c°$) احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

الحل : نستخرج ΔT

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 28 - 24 = 4C°$

نستخرج (q) للماء

$q = c \times m \times \Delta T$

$q = 4,2 \times 750 \times 4 \Rightarrow q = 12600\,J$

نحول اشارة (q) سالبة لان الحرارة متحررة (J 12600) - = q

نستخرج عدد مولات حامض الخليك

$n = \frac{m}{M} = \frac{1,5}{60}\ 0.025\ /mol$

نستخرج (q) نتيجة احتراق مول واحد

$q = \frac{q}{n} = \frac{-12600}{0.025} = -504000\ J/mol$

نقسم على (1000) للتحويل الى (KJ)

$q = \frac{-504000}{1000} = -504\ kJ/mol$

بما ان كمية الحرارة تم قياسها في المسعر المفتوح (ضغط ثابت) أذا

$\Delta H = q = -504\ KJ/mol$

س 16 : عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي(4.2 J/°C) فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار (0.12°C) احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدات الجول

الحل :

هنا الوحدة بال (KJ) لان السعة الحرارية معطاة با (KJ) وللتحويل من (KJ) ← (J) نضرب 1000

$$\Delta H = q_p = C \times \Delta T$$
$$\Delta H = 2.4 \times 0.12$$
$$\Delta H = 0.288\ KJ$$
$$\Delta H = q_P = 0.288 \times 1000$$
$$\Delta H = q_P = 288 J$$

ملاحظة : اذا ذكر ان درجة الحرارة ترتفع بمقدار هذا يعني (ΔT) جاهز

المعادلة الكيميائية الحرارية

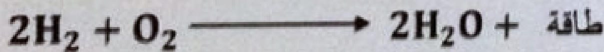
تعامل ΔH كما تعامل المعادلة

1- اشارة التغيير في الانثالبي المصاحبة للتفاعل الكيميائي او التغيير الفيزيائي توضح هل ان التفاعل ماص ام باعث للحرارة

اذا كانت الطاقة في المتفاعلات هذا يعني ان التفاعل ماص للحرارة اي ان قيمة (+ = ΔH)

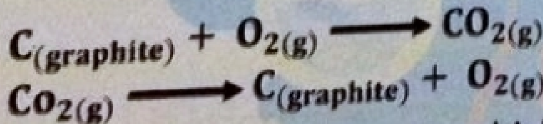


اذا كانت الطاقة في النواتج هذا يعني ان التفاعل باعث للحرارة اي ان قيمة (− = ΔH)



2- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتج منه حيث تستخدم حروف (S يعني صلب) و (L يعني سائل) و (g يعني غاز) و (aq محلول مائي)

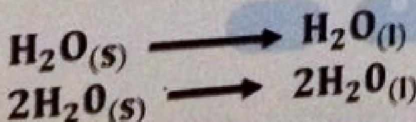
3-عند قلب المعادلة فأن قيمة (ΔH) تقلب اشارتها



$\Delta H_r = -394\ KJ/mol$

$\Delta H_r = +394\ KJ/mol$

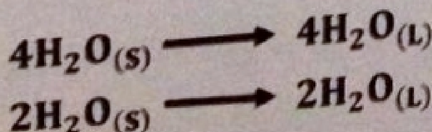
4- عند ضرب المعادلة برقم فأن قيمة (ΔH) تضرب بذلك الرقم ايضا



$\Delta H_r = +6 KJ/mol$

$\Delta H_r = +2 \times 6 = +12\ KJ/mol$

5- عند قسمة المعادلة على رقم فأن قيمة (ΔH) تقسم لذلك الرقم

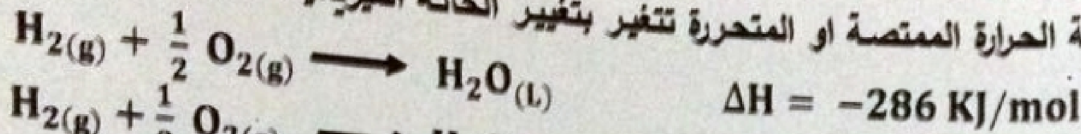


$\Delta H_r = 24\ KJ/mol$

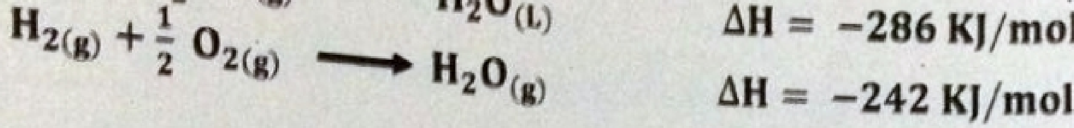
$\Delta H_r = \frac{24}{2} = 12\ KJ/mol$

س 5 : لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية (s – l – g) عند كتابة التفاعلات الحرارية ؟

ج : بسبب ان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغيير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل وكما في الامثلة التالية



$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H = -286\ KJ/mol$$



$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -242\ KJ/mol$$

س 3 : ما المقصود بالتعابير الاتية

الكيمياء الحرارية : وهو العلم الذي يهتم بدراسة الحرارة الممتصة او المنبعثة المتحررة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية

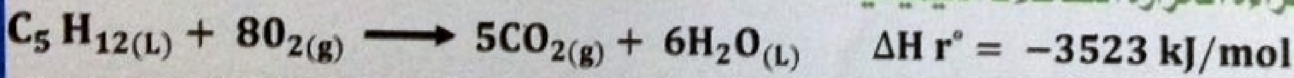
عملية باعثة للحرارة : وتكون اشارة ($\Delta H = -$) وهي العملية التي ترافقها انبعاث حرارة وتحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط

عملية ماصة للحرارة : وتكون اشارة ($\Delta H = +$) وهي العملية التي ترافقها امتصاص حرارة وتحول الطاقة الحرارية من المحيط الى النظام

انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r° :

وهي الحرارة المصاحبة للتفاعل بالضروف القياسية اي عند ($25c^{\circ} = 298k$) وضغط 1atm ويرمز لها بالرمز ΔH_r°

كيفية قراءة الحرارة التفاعلات الكيميائية :



$$C_5H_{12(L)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(L)} \qquad \Delta H r^{\circ} = -3523\ kJ/mol$$

تقرأ بالصورة التالية : أن مول واحد من البنتان السائل تم حرقه مع (8) مول من غاز الأوكسجين لينتج (5) مول من ثنائي اوكسيد الكربون الغاز و (6) مول من الماء السائل وتحررت حرارة مقدارها (3523 KJ/mol) من عملية الحرق عند ظروف قياسية هي ($25c^{\circ}$) وضغط (1atm)

س 18 الفصل : ماذا نعني بظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وماهي اوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات

الحل : الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة حرارة ($25c^{\circ}$) وضغط (1atm)

اما الظروف القياسية في كيمياء الغازات فهي درجة الحرارة ($0c^{\circ}$) وضغط (1atm)

انواع الانثالبيات :

1- انثالبي التكوين القياسية ΔH_f°

2- انثالبي الاحتراق القياسية ΔHc°

3- انثالبي التغيرات الفيزيائية (تبخر $\Delta H\ vap$) (تكثيف $\Delta H\ cond$) (انصهار $\Delta H\ fus$) (انجماد $\Delta Hcryst$)

1 - انثالبي التكوين القياسية ΔH_f°

وهي الحرارة الممتصة او المنبعثة اللازمة لتكوين مول من اي مركب من عناصره الأساسية المتواجدة بأثبت صورها في الظروف القياسية ($25c^\circ$) وضغط ($1atm$)

ملاحظات :

- المتكون مول واحد (المادة الناتجة مول واحد)
- من عناصره الأساسية أي ان المواد المتفاعلة عناصر وليست مركبات
- في اثبت صورة يعني ان العناصر تكون بالصورة الاثبت لها حيث ان :

❖ الكاربون له صورتان حيث يوجد على شكل كرافيت (graphite) وماس (diamond) حيث يكون الكرافيت (graphite) هو الاثبت

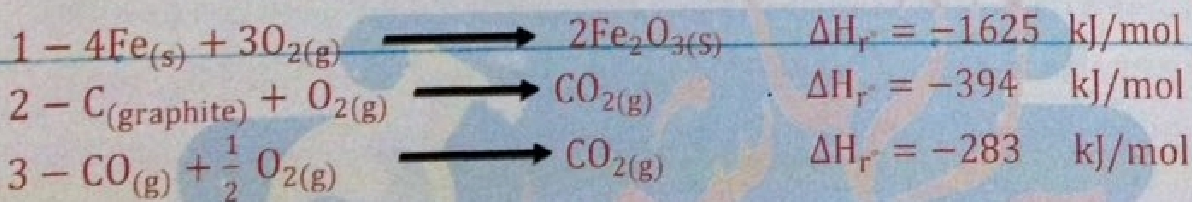
❖ الكبريت له صورتان كبريت معيني ($S_{rhombic}$) وكبريت موشوري ($S_{orthorhombic}$) لكن المعيني هو الاثبت

❖ الحديد والالمنيوم الصورة الاثبت لهما هي الصلب (S) والزئبق هي السائل (L)

❖ العناصر والجزيئات الثنائية ($Cl_2 - Br_2 - F_2 - N_2 - O_2 - H_2$) الصورة الاثبت هي الغاز (g)

❖ حسب الاتفاق الدولي ان قيمة ($\Delta H_f^\circ = 0$) للعناصر في حالتها القياسية (اثبت الصور)

مثال 4 : اي التفاعلات الاتية تساوي قيمة انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_r°) لها قيمة انثالبي التكوين القياسية (ΔH_f°) للمركبات المتكونة



$1 - 4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_r^\circ = -1625 \ kJ/mol$

$2 - C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \ kJ/mol$

$3 - CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -283 \ kJ/mol$

الحل:

1- $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ لان الناتج (2) مول

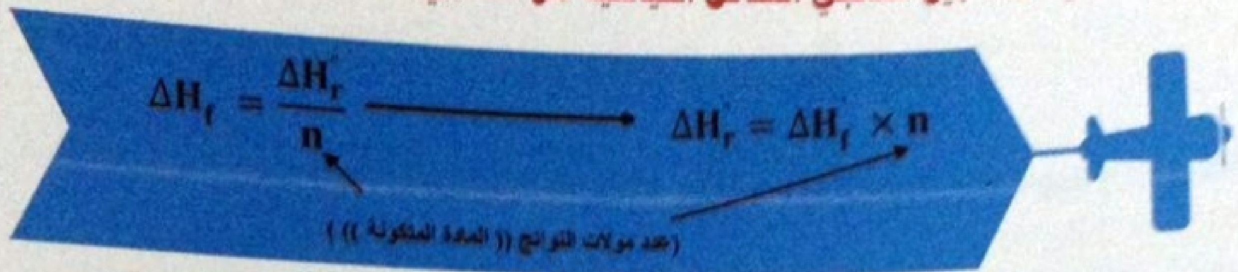
2- $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ لان المتكون مول واحد ومن عناصره الأساسية بأثبت صورها

3- $\Delta H_f^\circ \neq \Delta H_r^\circ$ لان (CO)هو مركب وليس عنصر بأثبت صورة

ع : نلاحظ ظهور كسور في المعادلة الكيميائية ؟

ج: يعود ذلك السبب في كتابة المعادلة الكيميائية التي تمثل تكوين مول واحد من المركب المراد تكوينه لذا نلجأ الى تغيير عدد مولات المواد المتفاعلة

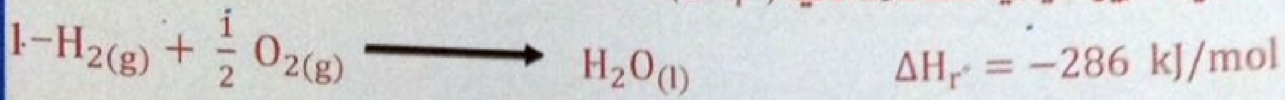
العلاقة التي تربط بين انثالبي التفاعل القياسية مع انثالبي التكوين القياسية (ΔH_f° و ΔH_r°)



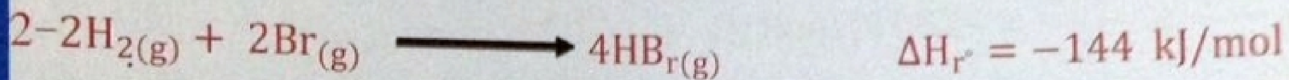
س : متى تتساوى ($\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$) انثالبي التفاعل القياسية مع انثالبي التكوين القياسية ؟

ج: عندما يكون الناتج لمول واحد ومتكون باثبت صور من عناصره الأساسية

س : جد انثالبي التكوين القياسية للتفاعلات الاتية (ΔH_f°)



$$1- H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -286\ kJ/mol$$



$$2- 2H_{2(g)} + 2Br_{(g)} \longrightarrow 4HB_{r(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -144\ kJ/mol$$

الحل:

المعادلة الاولى

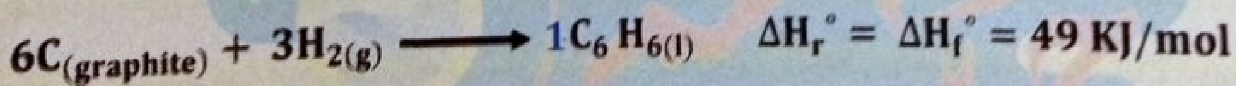
$$\Delta H_f^\circ = \frac{\Delta H_r^\circ}{n} = \frac{-286}{1} = -286 \quad KJ/mol$$

المعادلة الثانية

$$\Delta H_f^\circ = \frac{\Delta H_r^\circ}{n} = \frac{-144}{4} = -36 \quad kJ/mol$$

مثال 3 : اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين (C_6H_6) تساوي $\Delta H_f^\circ = 49KJ/mol$ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ($\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$)

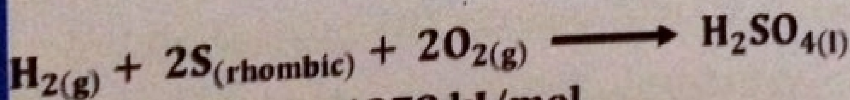
الحل : ان من شروط التساوي بين ($\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$) يجب ان يكون الناتج مول واحد ومن عناصره الأساسية باثبت صورها عند ($25c^\circ$) وضغط (1atm)



$$6C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 1C_6H_{6(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ = 49\ KJ/mol$$

تمرين 5 : اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك $\Delta H_f^\circ(H_2SO_4) = -1278\ kJ/mol$ اكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل بحيث تكون ($\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$)

الحل : ان شروط التساوي بين ($\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$) يجب ان يكون الناتج لمول واحد ومن عناصره الأساسية باثبت صورها عند ($25c^\circ$) وضغط (1atm)

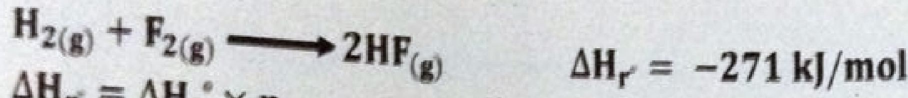


$$H_{2(g)} + 2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ = -1278\ kJ/mol$$

تمرين 6: احسب انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_f°) للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين (HF) تساوي $\Delta H_f^\circ(Hf) = -271\ KJ/mol$

الحل :

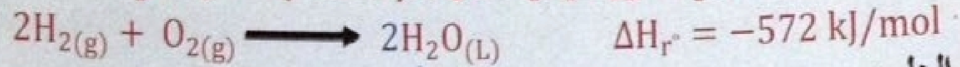


$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)} \qquad \Delta H_r = -271\ kJ/mol$$

$$\Delta H_r = \Delta H_f^\circ \times n$$

$$\Delta H_r = -271 \times 2 = -542\ kJ/mol$$

تمرين 7: احسب انثالبي التكوين القياسية لسائل الماء بالاستعانة بالتفاعل التالي



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r = -572\ kJ/mol$$

الحل :

$$\Delta H_f^\circ = \frac{\Delta H_r}{n} = \frac{-572}{2} = -286\ kJ/mol$$

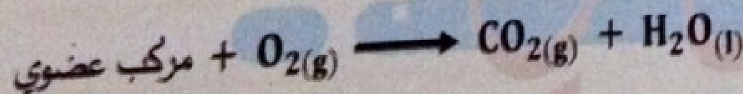
2- انثالبي الاحتراق القياسية (ΔH_c°) وهي الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مادة حرقاً تاماً مع الأوكسجين عند الظروف القياسية ($25c^\circ$) وضغط (1atm)

ملاحظات

- جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة ($\Delta H_r = -$)
- عند حرق العناصر بالأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها عند حرق المركب العضوي بالاوكسجين ينتج غاز ثنائي اوكسيد الكاربون(CO_2) وسائل الماء (H_2O)

كيفية حرق المركبات العضوية وموازنة المعادلة :

يتم حرق المركب العضوي بالاوكسجين عندها ينتج غاز ثنائي اوكسيد الكاربون(CO_2) وسائل الماء (H_2O) وطاقة



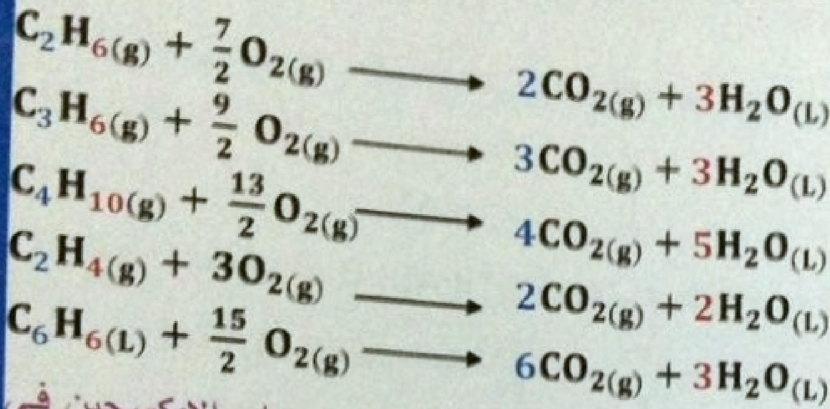
مركب عضوي + $O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

1- نوازن عدد ذرات الكربون (C) حيث نضرب الناتج (CO_2) بعدد ذرات الكربون في المتفاعلات

2- نوازن الهيدروجين (H) حيث نضرب الناتج (H_2O) بنصف ذرات الهيدروجين في المتفاعلات

3- اخيراً نوازن الاوكسجين (O) ويكون على ثلاث حالات

أ- اذا كان المركب العضوي لا يحتوي على اوكسجين مثل (C_2H_6) و (C_3H_6) و (C_4H_{10}) نحسب عدد ذرات الاوكسجين في النواتج ونقسم على 2 ونضرب ال O_2 الموجود في المتفاعلات كما في الامثلة التالية :



$$C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$

$$C_3H_{6(g)} + \frac{9}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$

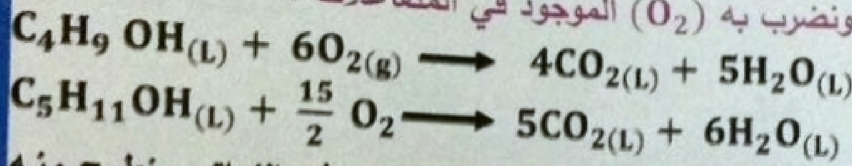
$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(L)}$$

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

$$C_6H_{6(L)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(L)}$$



2- اما بالنسبة اذا كان المركب العضوي يحتوي على ذرة اوكسجين واحدة نقوم بحساب الاوكسجين في النواتج ونطرح منه واحد 1 ونقسم على 2 ونضرب به (O_2) الموجود في المتفاعلات .



$$C_4H_9OH_{(L)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(L)} + 5H_2O_{(L)}$$

$$C_5H_{11}OH_{(L)} + \frac{15}{2}O_2 \longrightarrow 5CO_{2(L)} + 6H_2O_{(L)}$$

3- اذا كان المركب العضوي يحتوي على ذرتين اوكسجين نقوم بحساب الاوكسجين في النواتج ونطرح منه اثنين 2 ونقسم الناتج على 2 ونضرب به (O_2) الموجود في المتفاعلات

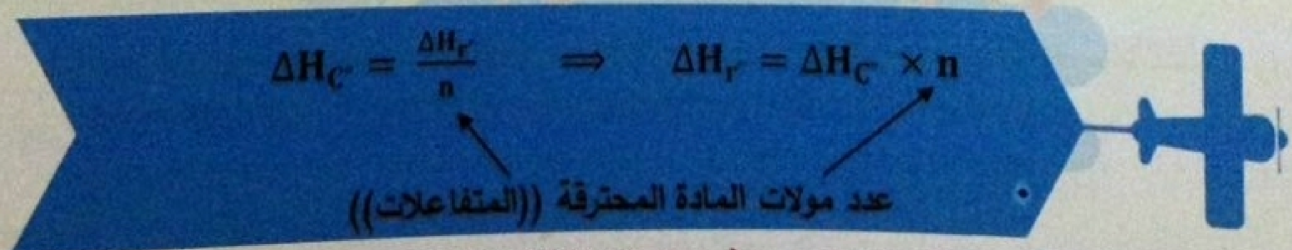


$$CH_3COOH_{(L)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)}$$

الخلاصة : أذا كان المركب يحتوي على أوكسجين نحسب عدد ذرات الأوكسجين في النواتج ونطرح منه عدد ذرات الأوكسجين الموجودة في المركب ونقسم على 2 ونضرب به الـ O_2 الموجود في المتفاعلات

ان الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_r°) مع انثالبي الاحتراق القياسية ΔH_C° هي ان تكون المادة المحترقة مول واحد

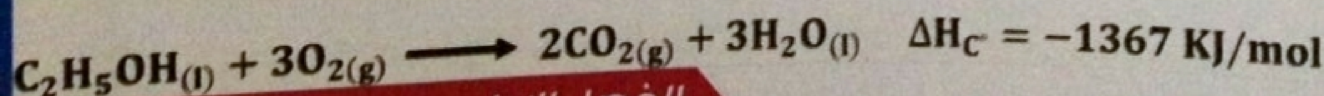
العلاقة التي تربط بين انثالبي التفاعل القياسية مع انثالبي الاحتراق القياسية $(\Delta H_r$ و $\Delta H_C^\circ)$



مثال 5 : اكتب المعادلة الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل (C_2H_5OH) **اذا علمت ان**

$(\Delta H_{C^\circ} = -1367\ KJ/mol)$

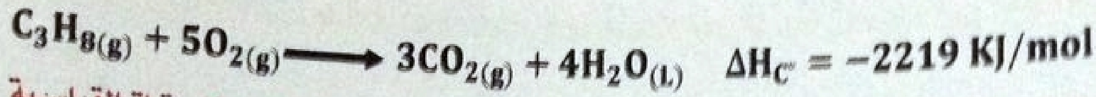
الحل :



$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{C^\circ} = -1367\ KJ/mol$$

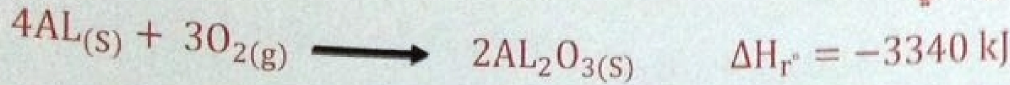
تمرين 6 : اكتب معادلة احتراق غاز البروبان (C_3H_8) اذا علمت ان $(\Delta Hc^{\circ} = -1367 KJ/mol)$

الحل :



$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)} \quad \Delta H_{C^{\circ}} = -2219\ KJ/mol$$

س 20 : احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_{f^{\circ}}(AL_2O_3)$ والتغيير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H_{C^{\circ}}(Al)$ في التفاعل الاتي



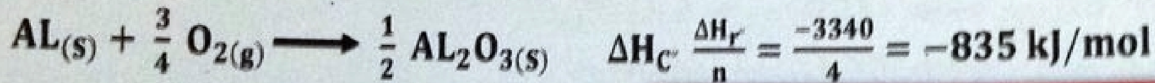
$$4AL_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2AL_2O_{3(S)} \qquad \Delta H_{r^{\circ}} = -3340\ kJ$$

الحل : لحساب $\Delta H_f^{\circ}\ (AL_2\ O_3)$ نقسم المعادلة على 2 لان شروط التكوين مول واحد



$$2AL_{(S)} + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow AL_2O3_{(S)} \qquad \Delta H_f^{\circ} = \frac{\Delta H_{r^{\circ}}}{n} = \frac{-3310}{2} = -1670\ kJ/mol$$

ولحساب $\Delta H_{C^{\circ}}$ (AL) يجب ان نقسم المعادلة على 4 لان من شروط الاحتراق ان يكون مول واحد من المادة المحترقة



$$AL_{(S)} + \frac{3}{4}O_{2(g)} \longrightarrow \frac{1}{2}AL_2O_{3(S)} \qquad \Delta H_{C^{\circ}}\ \frac{\Delta H_{r^{\circ}}}{n} = \frac{-3340}{4} = -835\ kJ/mol$$

3- انثالبي التغيرات الفيزيائية

1- انثالبي التبخر $\Delta H_{(vap)}$: وهي كمية الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة



$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{vaporization} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44\ kJ/mol$$

التبخر هو التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية

2- انثالبي التكثيف $\Delta H_{(cond)}$: وهي كمية الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من اي مادة

التكثيف هو نحول المادة من الحالة الغازية الى الحالة السائلة



$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{vaporization} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -44\ kJ/mol$$

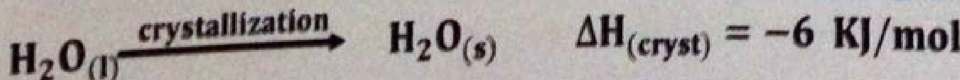
3- انثالبي الانصهار $\Delta H_{(fus)}$: وهي كمية الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة



$$H_2O_{(S)} \xrightarrow{fusion} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(fus)} = 6\ kJ/mol$$

الانصهار هو التحول من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة

4- انثالبي التبلور (الانجماد) $\Delta H_{(cryst)}$: كمية الحرارة الازمة لأنجماد مول واحد من اي المادة



$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{crystallization} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{(cryst)} = -6\ KJ/mol$$

الانجماد هو تحول المادة من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة

وملخص لما جاء اعلاه يمكن كتابة **القوانين** الاتية

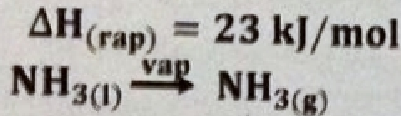
$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(coud)}$ $\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$

ملاحظات

- يجب ان تكون هذه الانثالبيات لمول واحد
- تكون انثالبي التبخر والانصهار ذات قيم موجبة $+ = \Delta H_{(rap)} = +\Delta H_{(fus)}$ وذلك لأنها حرارة ممتصة
- تكون انثالبي التكثيف والانجماد ذات قيم سالبة $- = \Delta H_{(coud)} = -\Delta H_{(cryst)}$ لانها حرارة منبعثة

مثال 6 : اذا علمت ان انثالبي التبخر للامونيا 23 kJ/mol إحسب انثالبيَ التكثيف للامونيا

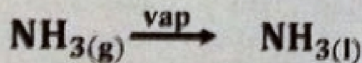
الحل : نكتب معادلة تبخر الامونيا



$\Delta H_{(rap)} = 23\ kJ/mol$

$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap} NH_{3(g)}$

وبما ان التكثيف هي عكس اشارة التبخر اي ان :

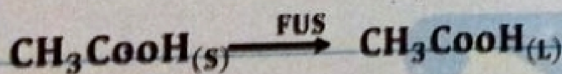


$NH_{3(g)} \xrightarrow{vap} NH_{3(l)}$ $\Delta H_{(coud)} = -\Delta H_{(vap)}$

$\Delta H_{(coud)} = -23\ kJ/mol$

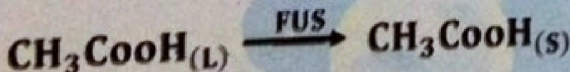
تمرين 7 : إذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك (CH_3COOH) الثلجي $(5.11\ KJ/mol)$ احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض

الحل : نكتب معادلة انصهار حامض الخليك



$CH_3CooH_{(s)} \xrightarrow{FUS} CH_3CooH_{(L)}$ $\Delta H_{(fus)} = 5.11\ KJ/mol$

وبما ان عملية الانصهار هي عكس عملية الانجماد اذا :



$CH_3CooH_{(L)} \xrightarrow{FUS} CH_3CooH_{(S)}$ $\Delta H_{(crst)} = -\Delta H_{(fus)}$

$\Delta H_{(crst)} = -5.11\ kJ/mol$

ملخص لما ذكر سابقا :

ΔH°_{r}	انثالبي التفاعل القياسية	kJ/mol	
ΔH°_{f}	انثالبي التكوين القياسية	kJ/mol	
ΔH°_{C}	انثالبي الاحتراق القياسية	kJ/mol	
$\Delta H_{(crst\ انجماد)}$ $\Delta H_{(fus\ انصهار)}$	$\Delta H_{(vap\ تبخر)}$	$\Delta H_{(cond\ تكثيف)}$	kJ/mol

توجد هنالك انثالبي يسمى انثالبي التفكك القياسية والتي هي عكس انثالبية التكوين القياسية أي ان التفكك هو نفسه تكوين لكن بعكس الإشارة .

طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية .

1- طريقة استخدام (قانون هيس)

قانون هيس : عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فأن التغيير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او في سلسلة من الخطوات

فائدة قانون هيس : معرفة (ΔH_{r°) المصاحبة للتفاعلات لبعض المركبات المتكونة من عناصرها والتي لا يمكن ايجادها مباشرة من عناصرها الأساسية بسبب ان التفاعل يسير ببط شديد او تكون مركبات جانبية غير مرغوب فيها لذا يتم اللجوء الى قياس (ΔH_{r°) لهذه التفاعلات بطريق غير مباشرة

ع: يتم قياس (ΔH°_r) للعديد من المركبات بصورة غير مباشرة

ج: لان التفاعل يسير ببطء شديد او تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

ع / لايمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكاربون (الكرافيت) مع الاوكسجين ليكون احادي أوكسيد

ج/ لانه المستحيل منع تكوين غاز ثنائي اوكسيد الكاربون

ملاحظات قانون هيس

قبل البدء بمسائل (قانون هيس) تذكر ان : .

- ✓ عند ضرب المعادلة فأن قيمة (ΔH) تضرب بنفس الرقم
- ✓ عند قسمة المعادلة فأن قيمة (ΔH) تقسم على نفس الرقم
- ✓ عند قلب المعادلة فأن قيمة (ΔH) تقلب إشارتها

مثال 17 : احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب ($CS_{2(l)}$) من عناصره الأساسية باثبت صورها



$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(L)} \quad \Delta H_{f^\circ} = ?\ KJ/mol$$

اذا اعطيت المعدلات التالية



$$1)\ C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = -394\ kJ/mol$$

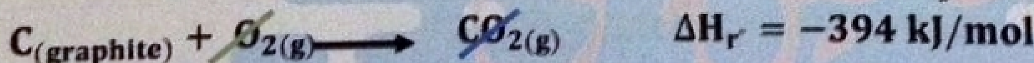


$$2)\ S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = -296\ KJ/mol$$



$$3)\ CS_{2(L)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = -1072\ KJ/mol$$

1- المعادلة الاولى تبقى كما هي



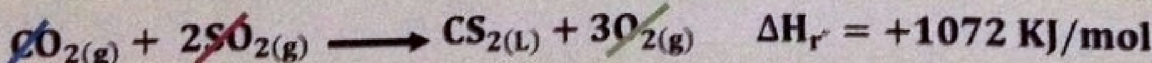
$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = -394\ kJ/mol$$

2- المعادلة الثانية نضرب ب (2)



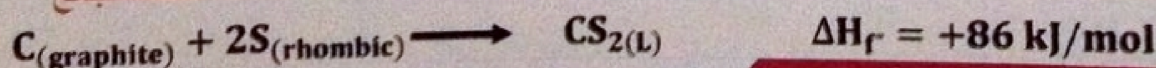
$$2S_{(rhom)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = 2 \times -296 = -592\ kJ/mol$$

3- المعادلة الثانية تقلب



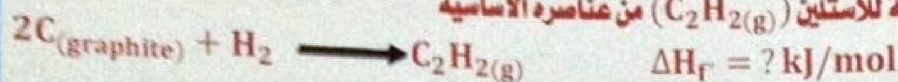
$$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(L)} + 3O_{2(g)} \quad \Delta H_{r^\circ} = +1072\ KJ/mol$$

بالجمع



$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(L)} \quad \Delta H_{r^\circ} = +86\ kJ/mol$$

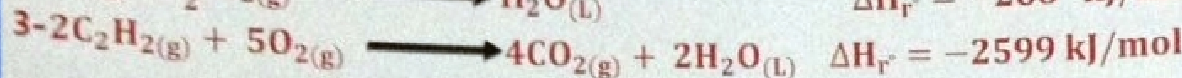
تمرين 8 : احسب انثالبي التكوين القياسية للاستلين $(C_2H_{2(g)})$ من عناصره الأساسية


$$2C_{(graphite)} + H_2 \longrightarrow C_2H_{2(g)} \qquad \Delta H_{f^\circ} = ?\ kJ/mol$$

إذا أعطيت المعادلات التالية


$$1\text{-}\ C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_{r^\circ} = -394\ KJ/mol$$


$$2\text{-}\ H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{r^\circ} = -286\ kJ/mol$$

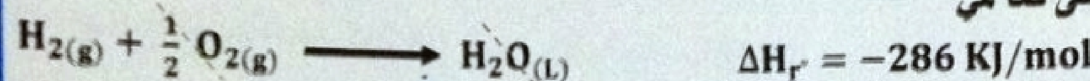

$$3\text{-}\ 2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{r^\circ} = -2599\ kJ/mol$$

الحل :

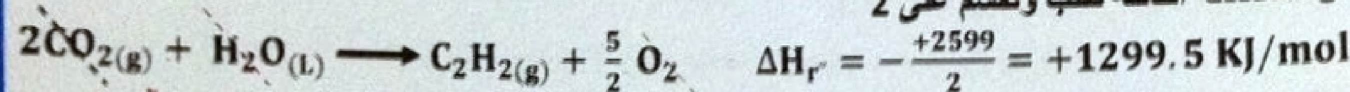
1- المعادلة الأولى تضرب ب 2


$$2C_{(graph)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H_{r^\circ} = 2 \times -394 = -788\ kJ/mol$$

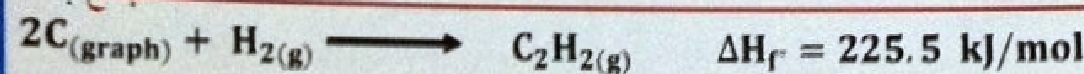
2-المعادلة الثانية تبقى كما هي


$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{r^\circ} = -286\ KJ/mol$$

3- المعادلة الثالثة تقلب وتقسم على 2


$$2CO_{2(g)} + H_2O_{(L)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_2 \qquad \Delta H_{r^\circ} = -\frac{+2599}{2} = +1299.5\ KJ/mol$$

الجمع


$$2C_{(graph)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \qquad \Delta H_{f^\circ} = 225.5\ kJ/mol$$

س 21 : اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية من المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25c^\circ$ وضغط (1atm)


$$1 - H_{2(g)} + CL_{2(g)} \longrightarrow 2HCL_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -185\ kJ/mol$$


$$2 - 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta Hr^\circ = -284\ kJ/mol$$

احسب (ΔHr°) للتفاعل الاتي


$$4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CL_{(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta Hr^\circ = ?\ kJ/mol$$

الحل : نص قانون هيس : عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فأن التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل بخطوة واحدة او في سلسلة من الخطوات

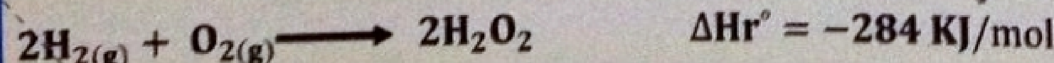
فائدة قانون هيس : معرفة (ΔHr°) المصاحبة للتفاعلات لبعض المركبات من عناصرها الأساسية بسبب ان التفاعل يسر ببط شديد او تكون مركبات جانبية غير مرغوب بها لذا يتم اللجوء الى قياس (ΔHr°) لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة


ولإيجاد ? = ΔHr° للتفاعل
$$4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CL_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

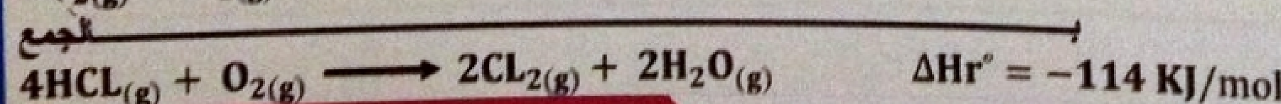
1- المعادلة تنقلب وتضرب ب 2

$$4HCL_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2CL_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = 2 \times +185 = +370\ KJ/mol$$

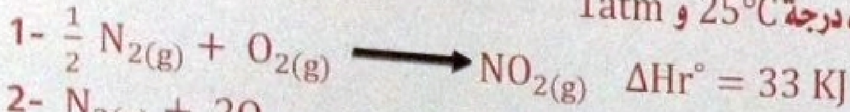
2- المعادلة الثانية تبقى كما هي



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_2 \qquad \Delta Hr^\circ = -284\ KJ/mol$$

الجمع

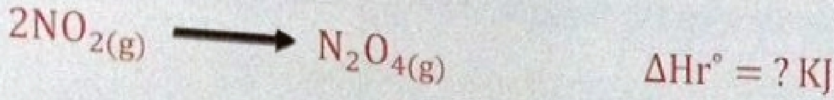

$$4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CL_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -114\ KJ/mol$$

س 22 : اذا اعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة 25°C و 1atm


$1-\ \frac{1}{2} N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 33\ KJ$


$2-\ N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 11\ KJ$

احسب (ΔHr°) لتفاعلات الاتية

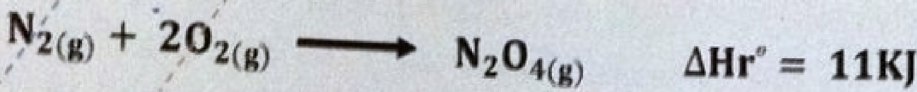

$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = ?\ KJ$

الحل :

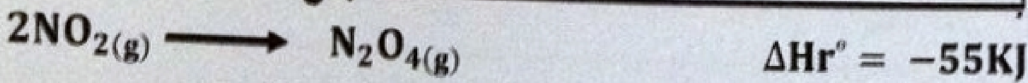
1- المعادلة الاولى تقلب وتضرب ب 2


$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 2 \times -33 = -66\ KJ$

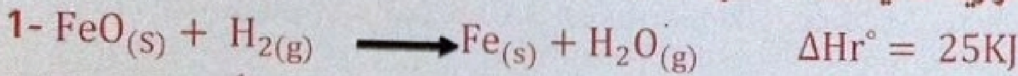
2- المعادلة الثانية تبقى كما هي

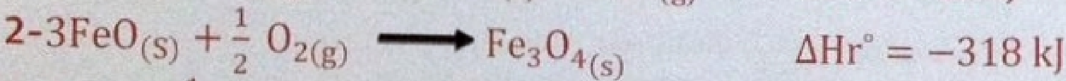

$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 11KJ$

الجمع


$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = -55KJ$

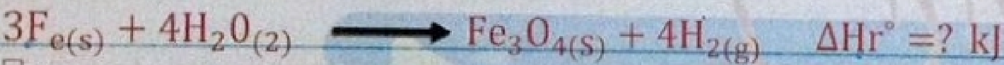
س 23 : اذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند 25c° وضغط 1atm


$1-\ FeO_{(S)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 25KJ$


$2-\ 3FeO_{(S)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} \quad \Delta Hr^{\circ} = -318\ kJ$


$3-\ H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(G)} \quad \Delta Hr^{\circ} = -242\ kJ$

احسب (ΔHr°) للتفاعل الأتي

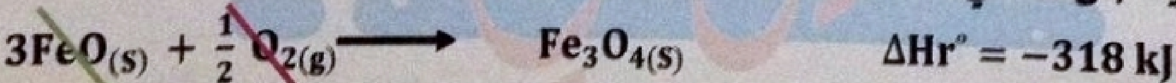

$3F_{e(s)} + 4H_2O_{(2)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = ?\ kJ$

الحل :

1- المعادلة الاولى للتفاعل الاتي تقلب وتضرب ب 3


$3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \longrightarrow 3FeO_{(s)} + 3H_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = 3 \times -25 = -75\ KJ$

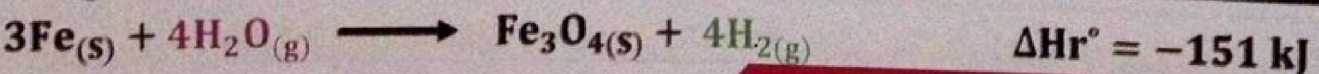
2- المعادلة الثانية تبقى كما هي


$3FeO_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)} \quad \Delta Hr^{\circ} = -318\ kJ$

3- المعادلة الثالثة تقلب فقط لكي يصبح الماء في المتفاعلات ($3H_2O$)

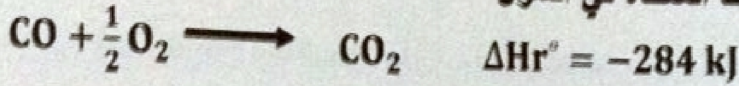

$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = +242\ kJ$

الجمع

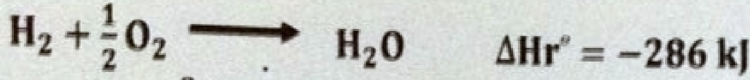

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_{2(g)} \quad \Delta Hr^{\circ} = -151\ kJ$

س 35 : إذا علمت أن انثالبي احتراق كل من غاز (CO و H_2 و CH_3OH) بوحدات KJ/mol هي على التوالي (−727 , −286, −284) احسب (ΔHr°) باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

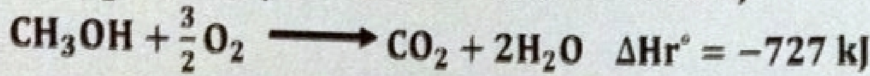
الحل : نكتب معادلات احتراق كل من المركبات المعطاة في السؤال



$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr^\circ = -284\ kJ$$

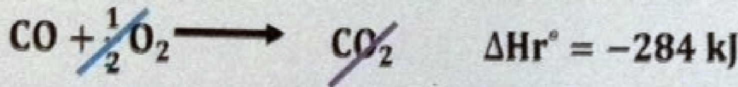


$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \qquad \Delta Hr^\circ = -286\ kJ$$



$$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O \quad \Delta Hr^\circ = -727\ kJ$$

1- المعادلة الثالثة تقلب فقط



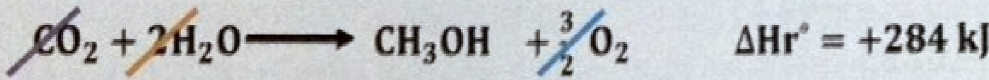
$$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr^\circ = -284\ kJ$$

2 - المعادلة الثانية تضرب ب 2



$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta Hr^\circ = 2 \times -286 = -572\ KJ$$

3- المعادلة الثالثة تقلب فقط



$$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \qquad \Delta Hr^\circ = +284\ kJ$$

الجمع



$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH \qquad \Delta Hr^\circ = -129\ kJ/mol$$

2- طريقة استخدام انثالبي التكوين القياسية

وفيها يتم استخدام قيم (ΔH_f°) للمركبات الكيميائية لحساب (ΔHr°) للتفاعلات عن طريق العلاقة التالية

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\ \Delta H_f^\circ(P) - \sum n\ \Delta H_f^\circ(R)$$

حيث ان :

n : تمثل عدد مولات المواد في المعادلة الكيميائية $\qquad \sum$: تعني مجموع (سميشن)

قبل البدأ بمسائل الانثالبي تذكر ان :

1 - ان ($\Delta H_f^\circ = 0$) للعناصر في اثبت صورها $\qquad$ 2 - تذكر أن

عند الجمع و الطرح	عند والضرب القسمة
+ + = +	+ × + = +
+ − = نطرح و نأخذ اشارة الاكبر	+ × − = −
− − = (−) نجمع ونأخذ	− × − = +

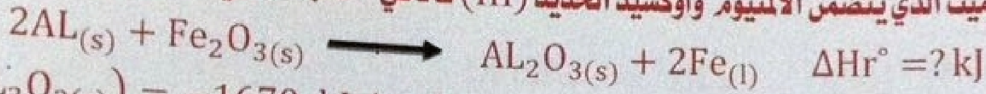
3- المضروب في المجهول ينقل ويصبح مقام للطرف الاخر (البعيد على القريب)

4 - المجموع أو المطروح مع المجهول ينقل للطرف الأخر ونقلب إشارته (لا يصبح مقام)

5- لا تنقل المجهول إلا أذا كان سالب (إذا كان المجهول موجب لا تنقله)

في بعض الأسئلة يعطي (ΔHr°) و يطلب (ΔH_f°) لمركب معين

مثال 8 : تفاعل الثرميت الذي يتضمن الألمنيوم واوكسيد الحديد (III) كالاتي احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل



$$2AL_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow AL_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)} \quad \Delta Hr^\circ = ?\,kJ$$

اذا علمت

$$\Delta H_f^\circ(AL_2O_{3(s)}) = -1670 \ kJ/mol$$
$$\Delta H_f^\circ(Fe_2O_{3(s)}) = -822 \ kJ/mol$$
$$\Delta H_f^\circ(Fe_{(L)}) = +12 \ kJ/mol$$

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta H_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta H_f^\circ(R)$$
$$\Delta Hr^\circ = [1 \times \Delta H_f^\circ(AL_2O_{3(s)}) + 2 \times \Delta H_f^\circ(Fe_{(L)})] - [2 \times \Delta H_f^\circ(AL_{(s)}) + 1 \times \Delta H_f^\circ(Fe_2O_{3(s)})]$$
$$\Delta Hr^\circ = [1 \times 1670) + (2 \times 12)] - [(2 \times 0) + (1 \times -822)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [1670 + 24] - [0 + -822]$$
$$\Delta Hr^\circ = [-1646] - [-822]$$
$$\Delta Hr^\circ = -1646 + 822 = -824 \ kJ$$

تمرين 9 : يحترق البنزين(C_6H_6) في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغازوسائل الماء احسب (ΔHr°) لهذا التفاعل

اذا علمت ان

$$\Delta Hf^\circ(C_6H_{6(l)}) = +49 \ KJ/mol$$
$$\Delta Hf^\circ(CO_{2(g)}) = -394 \ kJ/mol$$
$$\Delta Hf^\circ(H_2O_{(l)}) = -286 \ KJ/mol$$

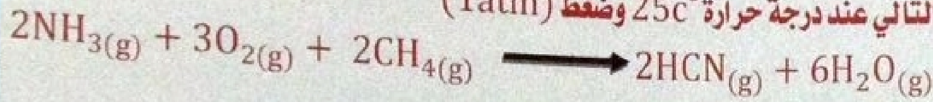
الحل : نكتب معادلة احتراق البنزين



$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta Hf^\circ(P) - \sum n \times \Delta Hf^\circ(R)$$
$$\Delta Hr^\circ = [(6 \times \Delta Hf^\circ(CO_{2(g)}) + 3 \times \Delta Hf^\circ(H_2O_{(l)})] - [(1 \times \Delta Hf^\circ(C_6H_{6(l)}) + \frac{15}{2} \times \Delta Hf^\circ O_{2(g)}]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(6 \times -394) + (3 \times -286)] - [(1 \times 49) + (\frac{15}{2} \times 0)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(-2364 - 858)] - [49]$$
$$\Delta Hr^\circ = -3222 - 49 = -3271 \ KJ/mol$$

س 25 : احسب (ΔHr°) للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25c^\circ$ وضغط (1atm)



$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

أذا أعطيت المعلومات الآتية

$\Delta H_f^\circ(NH_3) = -46 \quad KJ/mol \qquad \Delta H_f^\circ(CH_4) = -75 \quad KJ/mol$

$\Delta H_f^\circ(HCN) = +135 \quad KJ/mol \qquad \Delta H_f^\circ(H_2O) = -242 \quad KJ/mol$

الحل :

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta H_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta H_f^\circ(R)$$

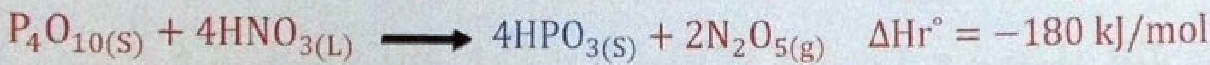
$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times \Delta H_f^\circ(HCN_{(g)}) + 6 \times \Delta H_f^\circ(H_2O_{(g)})] - [(2 \times \Delta H_f^\circ(NH_{3(g)}) + 3 \times \Delta H_f^\circ(O_{2(g)}) + 2 \times \Delta H_f^\circ(cH_{4(g)})]$$

$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times 135) + (6 \times -242)] - [(2 \times -46) + (3 \times 0) + (2 \times -27)]$$

$$\Delta Hr^\circ [(-1182)] - [(-242)]$$

$$\Delta Hr^\circ = -1182 + 242 \quad = -940 \ kJ/mol$$

س 26 : احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب ($HPO_{3(g)}$) اذا اعطيت المعادلات الاتية :



$$P_4O_{10(S)} + 4HNO_{3(L)} \longrightarrow 4HPO_{3(S)} + 2N_2O_{5(g)} \quad \Delta Hr^\circ = -180 \ kJ/mol$$

$\Delta H_f^\circ(p_4O_{10}) = -2984 \ kJ/mol \qquad \Delta H_f^\circ(HNO_3) = -174 \ kJ/mol$

$\Delta H_f^\circ(N_2O_6) = -43 \ kJ/mol$

الحل :

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta H_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta Hr^\circ =$$
$$[4 \times \Delta Hf^\circ(HPO_{3(s)} + 2 \times \Delta Hf^\circ(N_2O_{5(g)})] - [1 \times \Delta Hf^\circ(P_4 O_{10(s)}) + [4 \times \Delta Hf^\circ(HNO_{3(l)}]$$

$$-180 = [4 \times \Delta H_f^\circ(HPO_{P(S)}) + (2 \times -43)] + [1 \times -2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = [4\Delta H_f^\circ(HPO_{P(S)}) + (-86)] - [(-2984) + (-696)]$$

$$-180 = [4\Delta Hf^\circ(HPO_{3(S)}) - 86] - [-3680]$$

$$-180 = [4\Delta Hf^\circ(HPO_{3(S)})] - [86 + 3680]$$

$$4\Delta Hf^\circ(HPO_{3(S)}) = -180 + 86 - 3680$$

$$4\Delta Hf^\circ(HPO_{3(S)}) = -3774$$

$$\Delta Hf^\circ(HPO_{3(S)}) = \frac{-377}{4} = -943.5 \ KJ/mol$$

س 19 : في مسعر حراري وضع $(2.6g)$ من الاستلين (C_2H_2) $M = 26\ g/mol$ فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي $(130\ KJ)$ احسب انثالبية التكوين القياسية للاستلين اذا علمت ان

$\Delta H_f^\circ(CO_2) = -393.5\ KJ/mol$ $\quad$ $\Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ KJ/mol$

الحل : لحل هذا السؤال نجد (ΔHr°) انثالبي التفاعل القياسية (ΔH) ، ونحن نفرض ان $(\Delta Hr^\circ = q_p)$ (ΔHr°) تساوي كمية الحرارة q نتيجة احتراق مول واحد

نستخرج عدد المولات n للاستلين

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2.6}{26} = 0.1\ mol$$

$$q_{\text{لمول واحد}} = \Delta Hr^\circ = \frac{q}{n} = \frac{-130}{0.1} = -1300\ kJ/mol$$

نكتب معادلة احتراق الاستلين (H_2C_2)



$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(L)}$$

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\ \Delta Hf^\circ(P) - \sum n\ \Delta Hf^\circ(R)$$

$$\Delta Hr^\circ = [2 \times \Delta Hf^\circ (CO_{2(g)} + 1 \times \Delta Hf^\circ (H_2O_{(L)})] - [1 \times \Delta Hf^\circ (C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2} \times \Delta Hf^\circ O_{2(g)}]$$

$$-1300 = [(2 \times -393.5) + (1 \times -286)] - [1 \times \Delta Hf^\circ + \frac{5}{2} \times 0]$$

$$-1300 = [(-787) + (-286)] - [\Delta Hf^\circ (C_2 H_{2(g)} + 0]$$

$$-1300 = [-1073] - [\Delta Hf^\circ (C_2H_2)]$$

$$\Delta Hf^\circ (C_2H_2) = +1300 - 1073 = +227\ KJ/mol$$



العمليات التلقائية :

وهي اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي

من الامثلة على العمليات التلقائية

1- سقوط الماء من اعلى الشلال

2- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد

3- ذوبان قطعة السكر تلقائياً في كوب القهوة

4- انجماد الماء النقي تحت $0c^\circ$ وينصهر الجليد تلقائياً فوق $0c^\circ$

5- يصدا الحديد تلقائياً عندما يتعرض للاوكسجين والرطوبة (الماء)

6- تتفاعل قطعة الصوديوم Na بشدة مع الماء مكونة NaOH وهيدروجين H_2

7- يتمدد الغاز تلقائياً في الاناء المفرغ من الهواء

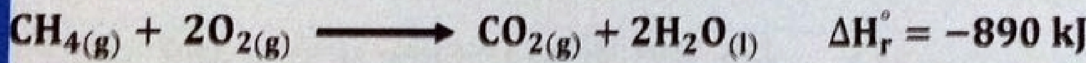
س 29 : اي من العمليات التالية تلقائية واي منها غير تلقائي

أ- ذوبان ملح الطعام في الماء	عملية تلقائية
ب - تسلق قمة ايفرست	عملية غير تلقائية
ج- انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء قنينة العطر	عملية تلقائية
د- فصل الهليوم والنيون من مزيج من الغازات	عملية غير تلقائية

ع / ماهو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائياً ؟

هو ان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية اي ان الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام (طاقة اقل يعني اكثر استقراراً)

يلاحظ ان اغلب التفاعلات التي يرافقها انخفاض في الطاقة اي الانثالبي كما هو الحال في التفاعلات الباعثة للحرارة تحدث تلقائياً عند الظروف القياسية مثل احتراق الميثان



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ_r = -890\ kJ$$

س : هل ان كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة

ج : لا يمكن تعميم هذا الافتراض وذلك بسبب بسيط هو ان هنالك بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية تكون ماصة للحرارة وتحدث تلقائياً مثلا

انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية وماصة للحرارة



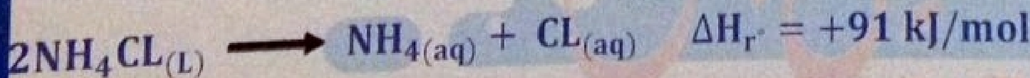
$$H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{fus} = 6\ KJ/mol$$

وتبخر الماء عملية تلقائية وتكون ماصة للحرارة



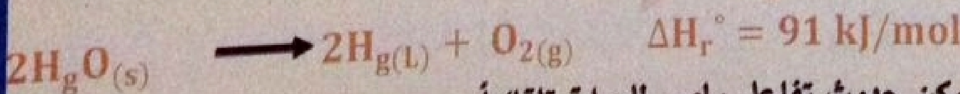
$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{vap} = 44kJ/mol$$

وذوبان كلوريد الامونيوم (NH_4Cl) في الماء يحدث تلقائياً ويكون ماص للحرارة



$$2NH_4CL_{(L)} \longrightarrow NH_{4(aq)} + CL_{(aq)} \qquad \Delta H_r = +91\ kJ/mol$$

وتفكك اوكسيد الزئبق (HgO) هو تفاعل تلقائي وماص للحرارة



$$2H_gO_{(s)} \longrightarrow 2H_{g(L)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = 91\ kJ/mol$$

مما يتقدم يمكن القول انه من الممكن حدوث تفاعل ماص للحرارة تلقائياً

ويمكن لتفاعل باعث للحرارة ان يكون غير تلقائي

بكلمات اخرى لايمكننا ان نقرر بشكل مطلق فيما اذا كان التفاعل باعثاً ام ماصاً للحرارة

ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج الى دالة حالة ثرموداينميكية جديدة تسمى الانتروبي

س 28 : ماذا نعني بالعملية التلقائية وضح ذلك ثم اعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية

العمليات التلقائية : وهي اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تاثير في اي عامل خارجي



من الامثلة على العمليات التلقائية :

1- سقوط الماء من اعلى الشلال

2- ذوبان قطعة السكر في كوب القهوة

من الامثلة على العمليات غير التلقائية :

1- تسلق قمة جبل ايفرست

2- فصل الهليوم والنيون من مزيج الغازات



هي دالة حالة ثرموداينميكية تعتبر مقياس درجة لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالرمز (S)

تعتبر الانتروبي مقياس للعشوائية و وحدتها J/k.mol

حيث ان :

كلما كان النظام عشوائي كانت الانتروبي كبيرة +

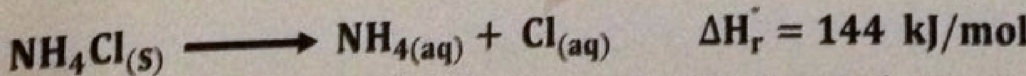
كلما كان النظام منتظم كانت الانتروبي صغيرة −

ان الانتروبي دالة حالة شأنها شأن الانثالبي لذا لا يمكن ان تقاس القيمة المطلقة لها وانما يقاس التغيير الحاصل في الانتروبي $\Delta S = S_f - S_i$

حيث ان S_f تعني الانتروبي النهائية و S_i تعني الانتروبي الابتدائية

ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائماً زيادة في الانتظام (العشوائية) اي زيادة في الانتروبي

فمثلا كلوريد الامونيوم يذوب في الماء تلقائيا

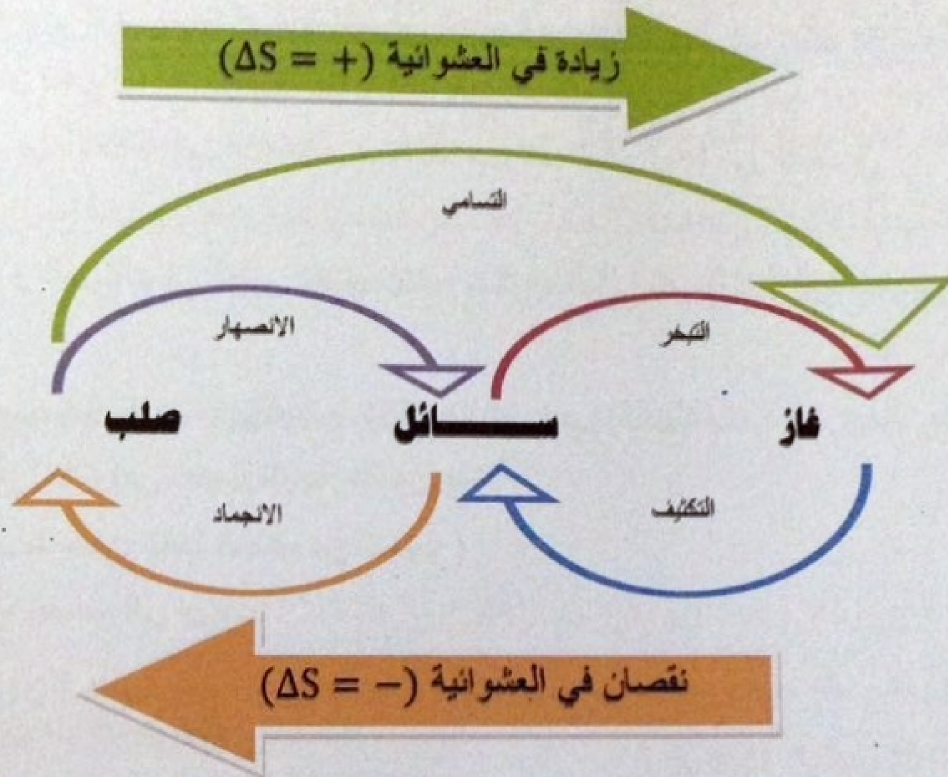


$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_{4(aq)} + Cl_{(aq)} \qquad \Delta H_r^\circ = 144\ kJ/mol$$

يصاحب عملية الذوبان تكون ايونات في المحلول المائي التي هي اقل انتظاماً من جزيئات كلوريد الالمنيوم الصلب وعندما يتبخر الماء السائل تكون جزيئات البخار اقل انتظاما من جزيئات الماء السائل والتي بدورها تكون اقل انتظاماً من جزيئات الجليد

بشكل عام ان انتروبي الحالة الغازية يكون اكبر من انتروبي الحالة السائلة وانتروبي الحالة السائلة يكون اكبر من انتروبي الحالة الصلبة

$$\Delta S_{(g)} > \Delta S_{(l)} > \Delta S_{(s)}$$



نقصان في العشوائية $\Delta S < 0$ $(\Delta S = -)$	زيادة في العشوائية $\Delta S > 0$ $(\Delta S = +)$
1- الانجماد	1- الانصهار
2- التكثيف	2- التبخر
3- التبلور	3- التسامي
4- الاتحاد	4- التفكك
5- التكوين	5- التجزء
6- الارتباط	6- التحلل - التأين
7- ذوبان غاز في سائل	7- ذوبان صلب في سائل
8- التبريد الى درجة حرارة اقل	8- التسخين الى درجة حرارة اعلى
9- نقصان عدد المولات بالنواتج (الغازات)	9- زيادة عدد المولات بالنواتج (الغازات)
10- تقليل المساحة السطحية	10- زيادة المساحة السطحية

اذا كان تفاعل ما يحتوي على نفس عدد المولات في المتفاعلات والنواتج فيكون الطرف الذي يحتوي اكبر عدد من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل



$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

تحدث الزيادة في انتروبي النظام نتيجة للزيادة في طاقة التشتت والان سندرس عدداً من العمليات التي تقود الى تغيير في انتروبي النظام بدلالة التغير في حالات النظام

ففي عملية الانصهار تكون الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فأن هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خلال الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها لذا يحدث انتقال في الطور من الانتظام الى اللاانتظام حيث يصاحب هذا التغير زيادة في الانتروبي

ان التبخر يؤدي الى زيادة انتروبي النظام حيث ان هذه الزيادة اكبر من تلك الزيادة التي تحدث في عملية الانصهار (علل)

بسبب ان الذرات و الجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي اكبر لملىء فراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه



س : يزداد الانتروبي عند ذوبان مادة صلبة ايونية مثل كلوريد الصوديوم (NaCl)

ج : ان الزيادة في الانتروبي تحصل نتيجة عاملين هما

1- عملية تكوين المحلول (خلط المذاب مع المذيب)

2- تفكك المركب الصلب الى ايونات

علل : يزيد التسخين من انتروبي النظام ؟

ج : وذلك لانه يقوم

1- بزيادة الحركات الانتقالية

2- زيادة الحركات الدورانية والاهتزازية

3- بزيادة درجة الحرارة تزداد انواع الطاقات المرتبطة جميعها بالحركة الجزيئية

وعليه ان التسخين يزيد من عشوائية النظام لذا تزداد انتروبي النظام

مثال 9 : تنبا فيما اذا كان التغير في الانتروبي (ΔS) اكبر او اقل من الصفر للعمليات الاتية

ا- تجمد كحول الاثيل

ج : $\Delta s < 0$ لان العملية يصاحبها انخفاض في العشوائية

ب- تبخر سائل البروم

ج : $\Delta S > 0$ لان العملية يصاحبها زيادة في العشوائية

ج- ذوبان الكلوكوز في الماء

ج : $\Delta S > 0$ لان العملية يصاحبها زيادة في العشوائية

د- تبريد غاز النتروجين من $80C^{\circ}$ الى $20C^{\circ}$

ج : $\Delta S < 0$ لان العملية يصاحبها نقصان في العشوائية

تمرين 15 : كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات الاتية

1- تكثف بخار الماء

ج : تحول البخار الى سائل يقلل من العشوائية اي تقل الانتروبي

2- تكون بلورات السكر من محلول فوق المشبع

ج : تكون البلور يقلل من عشوائية النظام فتقل من الانتروبي

3- تسخين غاز H_2 من $20C^\circ$ الى $80C^\circ$

ج : التسخين يزيد من العشوائية اي زيادة الانتروبي

4- تسامي اليود الصلب

ج: التسامي هو التحول من الحالة الصلبة الى الحالة الغازية فتزداد العشوائية فيزداد الانتروبي

س 30 : عرف الانتروبي وماهي وحدات الانتروبي حسب النظام الدولي للوحدات (SI)

ج: الانتروبي : وهي دالة حالة ثرموداينيمكية تعتبر مقياس درجة حرارة لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمزلها بالرمز (S) وحدتها J/k.mol

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية (Δs_r°)

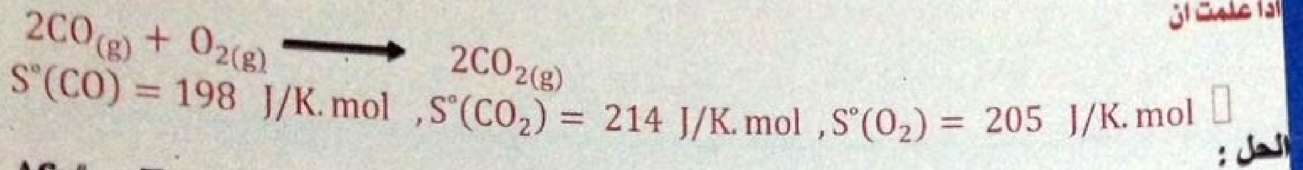
يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سنرمز لها بالرمز s° لجميع العناصر والمركبات الكيميائية والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية (Δs_r°) للتفاعل الكيميائي باستخدام العلاقة الاتية

$$\Delta s_r^\circ = \sum n \times S^\circ (P \text{ نواتج}) - \sum n \times S^\circ (R \text{ متفاعلات})$$

حيث ان (n) تمثل عدد مولات المواد في المعادلة الكيميائية الموزونة و $\sum$ يعني مجموع (سميشن)

مثال 10 : احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية (Δs_r°) للتفاعل الثاني عند الظروف القياسية $25c^\circ$ وضغط (1atm)

اذا علمت ان



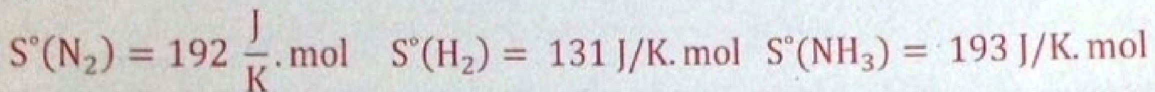
$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

$S^\circ(CO) = 198\ J/K.mol\ ,S^\circ(CO_2) = 214\ J/K.mol\ ,S^\circ(O_2) = 205\ J/K.mol$

الحل :

$$\Delta Sr^\circ = \sum n \times S^\circ(P) - \sum n \times S^\circ(R)$$
$$\Delta s_r^\circ = [(2 \times s^\circ CO_2)] - [(2S^\circ \times CO) + 1 \times (S^\circ \times O_2)]$$
$$\Delta s_r^\circ = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + (1 \times 205)]$$
$$\Delta s_r^\circ = [(428)] - [(396 + 205)]$$
$$\Delta s_r^\circ = 424 - 601 = 137\ J/K.mol$$

س 27 : احسب (ΔS_r°) للتفاعل الاتي عند $25c^\circ$ وضغط 1atm



$$N_{2(S)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH3_{(g)}$$

اذا علمت ان

$S^\circ(N_2) = 192 \frac{J}{K}.mol \quad S^\circ(H_2) = 131\ J/K.mol \quad S^\circ(NH_3) = 193\ J/K.mol$

الحل :

$$\Delta Sr^\circ = \sum n \times S^\circ(P) - \sum n \times S^\circ(R)$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times s^\circ NH_{(3)})] - [(1 \times S^\circ N_2 + 3 \times S^\circ(H_2)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times 193)] - [(1 \times 192) + (3 \times 131)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(386)] - [(192 + 393)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(428)] - [(585)] = -199\ J/K.mol$$

تمرين : 11 احسب التغير في الانتروبي المطلقة (ΔS_r°) للتفاعل التالي عند نفس الظروف القياسية $25C^\circ$ وضغط 1atm



$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$$

اذا علمت ان :

$S^\circ(Fe_2O_3) = 87\ J/K.mol \quad S^\circ(O_2) = 205\ J/K.mol \quad S^\circ(Fe) = 27\ J/K.mol$

الحل :

$$\Delta Sr^\circ = \sum n \times S^\circ(P) - \sum n \times S^\circ(R)$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times S^\circ Fe_2O_3)] - [(2 \times S^\circ Fe) + (3 \times S^\circ O_2)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times 87)] - [(4 \times 27) + (3 \times 205)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(174)] - [(108 + 615)]$$
$$\Delta Sr^\circ = 174 - 723 = -549\ J/K.mol$$

س 32 : احسب (ΔS_r°) للتفاعل التالي عند نفس الظروف القياسية $25C^\circ$ وضغط 1 atm

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(l)} + 2H_2O_{(l)}$$

$S^\circ(SiH_4) = 206$ J/K.mol $\quad S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol $\quad S^\circ(SiO_2) = 42$ J/K.mol

$S^\circ(H_2O) = 70$ J/K.mol

الحل :

$$\Delta Sr^\circ = \sum n \times S^\circ(P) - \sum n \times S^\circ(R)$$
$$\Delta Sr^\circ = [(1 \times S^\circ(SiO_2) + (2 \times S^\circ H_2O)] - [(1 \times S^\circ(SiH_4) + 2 \times S^\circ(O_2)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(1 \times 42) + (2 \times 70)] - [(1 \times 206) + (2 \times 205)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(42 + 140)] - [(206 + 410)]$$
$$\Delta Sr^\circ = 182 - 616 = -434 \ \text{J/K.mol}$$

س 33 : اذا علمت ان قيمة (ΔS_r°) للتفاعل التالي تساوي 137 J/k.mol عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm وان قيم $S^\circ(O_2) = 205$ J/K.mol فما قيمة S° للاوزون O_3

$$2O_3 \longrightarrow 3O_{2(g)}$$

الحل :

$$\Delta Sr^\circ = \sum n \times S^\circ(P) - \sum n \times S^\circ(R)$$
$$\Delta Sr^\circ = [(1 \times S^\circ(O_2)] - [(2 \times S^\circ(O_3)]$$
$$137 = [(3 \times 205)] - [(2S^\circ(O_{(3)})]$$
$$137 = [(615)] - [(2S^\circ(O_{(3)})]$$
$$2S^\circ(O_3) = 615 - 137$$
$$2S^\circ(O_3) = 478$$
$$2S^\circ(O_3) = \frac{478}{2} = 239 \ \text{J/K.mol}$$



طاقة كبس الحرة

في العام 1800 وجد العالم كبس علاقة تربط الانثالبي (H) والانتروبي (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام قيم الانثالبي والانتروبي كلاً على انفراد لذا ادخل العالم كبس دالة ثرموداينيميكية جديدة سميت باسمه (طاقة كبس الحرة) ويرمز لها بالرمز (G) والتي تصف الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من مقياس (ΔH) و (ΔS) بثبوت درجة الحرارة والضغط

ويعرف التغير في طاقة كبس الحرة بعلاقة كبس الاتية 

$$\Delta G = \Delta H - T.\Delta S$$

تعد طاقة كبس الحرة (ΔG) مؤشراً حقيقياً لتلقائية التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية

تدل اشارة ΔG على الاتي

ΔG قيمة سالبة $(\Delta G < 0)$ يعني ان التفاعل او التغير الفيزيائي تلقائي

ΔG قيمة موجبة $(\Delta G > 0)$ يعني ان التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي

ΔG قيمة تساوي صفر $(\Delta G = 0)$ يعني ان التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان

طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل ΔG_r°

وهي دالة حالة ثرموداينيميكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية العمليات العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانثالبي والانتروبي

س 34 : عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وماهي وحداتها

طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية ΔG_f° : وتعرف بأنها مقدار التغير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية $25c^\circ$ وضغط 1atm ويرمز لها بالرمز (ΔG_f°) و وحدتها (J/mol)

يمكن ايجاد قيم كبس الحرة للتفاعل القياسية(ΔG_r°) بمعادلة تشبه معادلة انثالبي التفاعل القياسية (ΔH_r°)

$$\Delta G_{r^\circ} = \sum n \times \Delta G_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta G_f^\circ(R)$$



حيث ان :

n : تمثل عدد المولات في المعادلة الكيميائية الموزونة

$\sum$: يعني مجموع (سميشن)

مثال 11 : احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25c^\circ$ وضغط 1atm وبين هل التفاعل يجري تلقائياً ام لا عند هذه الظروف

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$$

$\Delta G_f^\circ(C_6H_6) = 173$ KJ/mol $\Delta G_f^\circ(CO_2) = -394$ KJ/mol

$\Delta G_f^\circ(H_2O) = 237$ KJ/mol



الحل :

$$\Delta G_{r^\circ} = \sum n \times \Delta G_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta G_f^\circ(R)$$

$$\Delta Gr^\circ = [(12\Delta G_f^\circ(CO_2) + 6 \times \Delta G_f^\circ(H_2O)] - [(2\,\Delta G_f^\circ(C_6H_6) + 15\,\Delta G_f^\circ(O_2)]$$

$$\Delta Gr^\circ = [(12 \times -394) + (6 \times -237)] - [(2 \times 173) + (15 \times 0)]$$

$$\Delta Gr^\circ = [(-4728) + (-1422)] - [(346)]$$

$$\Delta Gr^\circ = -6150 - 346$$

$\Delta Gr^\circ = -6496$ KJ/mol بما ان الاشارة سالبة اذا التفاعل يجري تلقائيا

تمرين 12 : جد قيمة (ΔG_r) للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25c°$ وضغط 1atm وبين هل التفاعل يجري تلقائياً ام لا ؟



$\Delta G_f^{\circ}(NO) = 87\ KJ/.mol \quad \Delta G_f^{\circ}(NO_2) = 52\ KJ/.mol$

الحل :

$$\Delta G_{r^{\circ}} = \sum n \times \Delta G_f^{\circ}(P) - \sum n \times \Delta G_f^{\circ}(R)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = [(2\Delta G_f^{\circ} NO_2)] - [(2 \times \Delta G_f^{\circ} NO) + (1 \times \Delta G_f^{\circ}\, O_2)]$$
$$\Delta Gr^{\circ} = [(2 \times -52)] - [(2 \times 87) + (1 \times 0)]$$
$$\Delta Gr^{\circ} = 104 - 174 - = -70\ KJ/mol$$

التفاعل يحدث تلقائياً لان اشارة ΔG سالبة

س2 : ماهي وحدات الانثالبي و الانتروبي وطاقة كبس الحرة

ج : الانثالبي kJ/mol الانتروبي J/K . mol طاقة كبس KJ/mol

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية

تعد معادلة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ معادلة مهمة جداً عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذات علاقة وثيقة بالتغيرات التي تحدث في خواص النظام

وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عند اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي

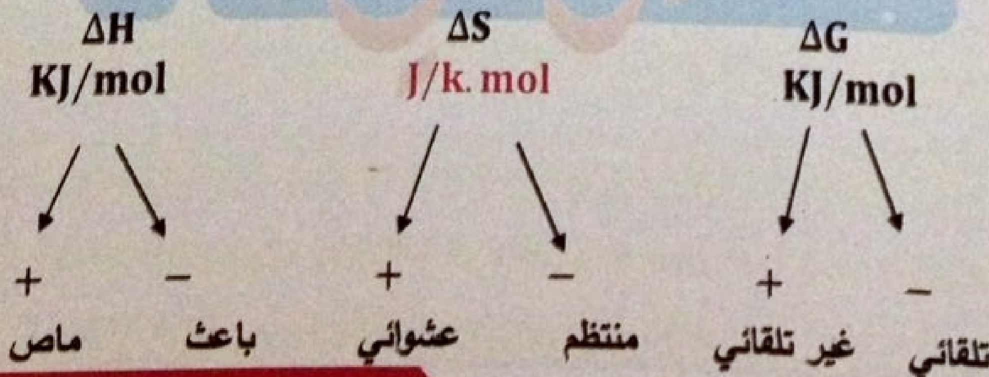
هناك عاملان يحددان تلقائية التفاعلات هما $(\Delta S$ و $\Delta H)$

العامل الاول : اذا كانت ΔH سالبة (التفاعل باعث للحرارة) حيث تكون التلقائية اكثر احتمالاً ويتجه التفاعل الى الحالة التي تكون فيها الطاقة اقل مما يمكن

العامل الثاني : اذا كانت قيمة ΔS موجبة (الانتروبي اعلى ما يمكن) حيث تكون التلقائية فيها طاقة اقل مما يمكن

والسبب في ذلك يعود الى وجود ΔS ضمن الحد $(-T\Delta S)$ لذا فالقيمة الموجبة لـ ΔS تساعد على جعل ΔG سالبة

تذكر



Scanned by TapScanner

1- اذا كانت اشارات ΔS و ΔH مختلفة

اذا كانت اشارات ΔS و ΔH مختلفة فليس لدرجة الحرارة تأثير على تلقائية التفاعلات

أ) اذا كانت $(\Delta S = -)$ و $(\Delta H = +)$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (-)$$
$$\Delta G = (+)(+)$$
$$\Delta G = +$$

دائماً يكون التفاعل غير تلقائي وليس لدرجة الحرارة تأثير على تلقائية التفاعل

ب) اذا كانت $(\Delta H = -)$ و $(\Delta S = +)$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (-) - (+)$$
$$\Delta G = (-)(-)$$
$$\Delta G = -$$

دائماً يكون التفاعل تلقائي وليس لدرجة الحرارة تأثيرا على تلقائية التفاعل

2 : اذا كانت اشارات ΔS و ΔH متشابه

اذا كانت اشارات ΔS و ΔH متشابه يكون لدرجة الحرارة تاثير

ا) اذا كانت $(\Delta S = +)$ و $(\Delta H = +)$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+)(-)$$

في هذه الحالة يكون احتمالين

الاحتمال الاول : $\Delta H > T\Delta S$ سوف يكون التفاعل غير تلقائي حيث تكون اشارة $(\Delta G = +)$

الاحتمال الثاني : $\Delta H < T\Delta S$ سوف يكون التفاعل تلقائي حيث تكون اشارة $(\Delta G = -)$

ب) اذا كانت $(\Delta S = -)$ و $(\Delta H = -)$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (-) - (-)$$
$$\Delta G = - \quad +$$

في هذه الحالة يكون احتمالين

الاحتمال الاول : $(\Delta H > T\Delta S)$ سوف يكون التفاعل تلقائي حيث تكون اشارة $(\Delta G = -)$

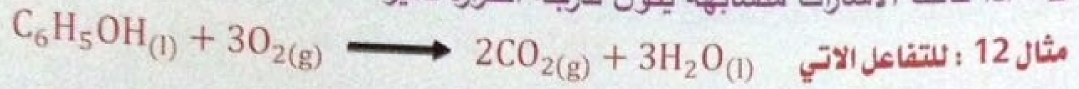
الاحتمال الثاني : $(T\Delta S > H\Delta)$ سوف يكون التفاعل غير تلقائي حيث تكون اشارة $(\Delta G = +)$

ويكون هذا الاحتمال بأرتفاع درجة الحرارة

الخلاصة :

1- اذا كانت الاشارات مختلفة ليس هنالك تأثير لدرجة الحرارة

2- اذا كانت الاشارات متشابهة يكون لدرجة الحرارة تأثير


مثال 12 : للتفاعل الاتي $C_6H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

بالاستعانة بالمعلومات الاتية

المادة	ΔH_f° kJ/mol	S° J/k.mol
$C_6H_5OH_{(l)}$	−278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	−394	214
$H_2O_{(l)}$	−286	70

احسب أ) ΔHr° ب) ΔSr° ج) ΔGr° عند الظروف القياسية

الحل : أ) حساب ΔHr°

$$\Delta Hr^{\circ} = \sum n \times \Delta H_f^{\circ}(P) - \sum n \times \Delta H_f^{\circ}(R)$$
$$\Delta Hr^{\circ} = [(2\Delta H_F^{\circ}(CO_2) \times 3\,\Delta HF^{\circ}(H_2O)] - [(1\,\Delta GF^{\circ}(C_2H_5OH) + 3\,\Delta H_F^{\circ}(O_2)]$$
$$\Delta Hr^{\circ} = [(2 \times -52) - (3 \times -286)] - [(1 \times -278) + (3 \times 0)]$$
$$\Delta Hr^{\circ} = [(-788) + (-858)] - [(-278)]$$
$$\Delta Hr^{\circ} = -1646 + 278 = -1368 \text{ KJ/mol}$$

ب) حساب ΔSr°

$$\Delta Sr^{\circ} = \sum n \times S^{\circ}(P) - \sum n \times S^{\circ}(R)$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [(2s^{\circ}CO_{(2)}) - (3S^{\circ}(H_2O)] - [(1\,S^{\circ}(C_6H_5OH) + 3\,S^{\circ}(O_2)]$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [(2 \times -214) + (3 \times 70)] - [(161) + (3 \times 205)]$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [(428) + (210)] - [(161) + (615)]$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [638] - [777] \Rightarrow \Delta Sr^{\circ} = -138 \text{ J/K.mol}$$

نحول وحدة ΔSr° من J/K.mol الى KJ/K.mol بالقسمة على 1000 (لكي تتوحد الوحدات)

$$\Delta S_r = \frac{-138}{1000} = -0.138 \text{ KJ/K.mol}$$

ج) حساب ΔGr° نحول درجة الحرارة من °C الى k نجمعها مع 273

$$TK = TC^{\circ} + 273 \Rightarrow TK = 25 + 273 \Rightarrow TK = 298\text{ K}$$
$$\Delta Gr^{\circ} = \Delta Hr^{\circ} - T\Delta Sr^{\circ}$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -1368 - (298 \times -0.138)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -1368 + (41.124) \Rightarrow \Delta Gr^{\circ} = -1327 \text{ kJ/mol}$$

بما ان قيمة ΔGr° للتفاعل سالبة اذاً التفاعل يجري تلقائياً

تمرين 13 : احسب ΔGr° للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25c^{\circ}$ وضغط 1atm



$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

حيث تم حساب ΔHr° للتفاعل من قيم انثالبي التكوين القياسية وكانت تساوي $(\Delta Hr^{\circ} = -3536\ KJ/mol)$

وكذلك تم حساب ΔSr° وكانت تساوي $(\Delta Sr^{\circ} = 374\ J/K.mol)$

الحل : نحول وحدات ΔSr° الى KJ/k.mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^{\circ} = \frac{374}{1000} = 0.374\ KJ/Kmol$$

نحول وحدات درجة الحرارة الى k

$$TK = TC^{\circ} + 273$$
$$TK = 25 + 273$$
$$TK = 298\ K$$

نطبق قانون ←

$$\Delta Gr^{\circ} = \Delta Hr^{\circ} - T\Delta Sr^{\circ}$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -3536 - (298 \times 0.374)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -3536 - (111.452)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -3647.5\ kJ/mol$$

تمرين 14 : اذا كان لدينا التفاعل الاتي $HCOOH_{(l)} \longrightarrow CO_g + H_2O_{(l)}$ فاذا كانت قيمة (ΔHr°) للتفاعل تساوي $(16\ KJ/mol)$ والتغير في الانتروبي ΔSr° يساوي $234\ J/K.mol$ احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند $25c^{\circ}$ وضغط 1atm (الظروف القياسية) وهل التفاعل تلقائي ام لا ؟

الحل :

نحول قيمة ΔSr° الى kJ/mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^{\circ} = \frac{234}{1000} = 0.234\ kJ/k.mol$$

نحول وحدات درجة الحرارة الى الكلفن K

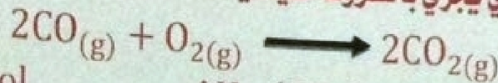
$$TK = TC^{\circ} + 273$$
$$TK = 25 + 273$$
$$TK = 298\ K$$

نطبق القانون

$$\Delta Gr^{\circ} = \Delta Hr^{\circ} - T\Delta Sr^{\circ}$$
$$\Delta Gr^{\circ} = 16 - (298 \times 0.234)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = 16 - (69.732)$$
$$\Delta Gr^{\circ} = -53.7\ KJ/mol$$

بما ان اشارة ΔGr° سالبة اذاً التفاعل تلقائي

س 15 : جد قيمة $\Delta G^\circ r$ للتفاعل الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

$\Delta H_{f^\circ}(CO) = -110.5\ KJ/mol$ $\quad$ $\Delta H_{f^\circ}(CO_2) = -393.5\ KJ/mol$

$S^\circ(O_2) = 205\ J/K.mol$ $\quad$ $S^\circ(CO) = 198\ J/K.mol$ $\quad$ $S^\circ(CO_2) = 214\ J/K.mol$

الحل : نجد ΔHr° من القانون

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\,\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\,\Delta H_f^\circ(R)$$
$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times \Delta H_f^\circ(CO_2)] - [2 \times \Delta H_f^\circ(CO) + (1 \times \Delta H_f^\circ(O_2)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times -393.5)] - [(2 \times -110.5) + (1 \times 0)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(-787)] - [(-221 + 0)]$$
$$\Delta Hr^\circ = -566\ KJ/mol$$

نستخرج ΔSr° من القانون

$$\Delta Sr^\circ = \sum n\,S^\circ(P) - \sum n\,S^\circ(R)$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times S^\circ CO_2)] - [(2 \times S^\circ CO) + 1 \times S^\circ(O_2)]$$
$$\Delta Sr^\circ = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + (1 \times 205)]$$
$$\Delta Sr^\circ = 428 - 601 = -173\ J/K.mol$$

نحول وحدة ΔSr° الى KJ/mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^\circ = \frac{-137}{1000} = -0.173\ kJ/K.mol$$

نحول درجة الحرارة الى الكلفن (لان الظروف القياسية $25c^\circ$)

$$TK = TC^\circ + 273$$
$$TK = 25 + 273$$
$$TK = 298\ K$$

ونطبق القانون

$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T.\Delta Sr^\circ$$
$$\Delta Gr^\circ = -566 - (298 \times -0.173)$$
$$\Delta Gr^\circ = -566 - (-51.554)$$
$$\Delta Gr^\circ = -566 + 51.554$$
$$\Delta Gr^\circ = -514.4\ J/K.mol$$



س 31 : للتفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$ احسب ΔSr° للتفاعل بوحدات J/K. mol علماً ان :
$\Delta G^\circ_f(H_2O) = -228 \ KJ/mol \quad \Delta G^\circ_f(H_2O) = -242 \ KJ/mol$

الحل :

نستخرج ΔHr° من القانون

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta H^\circ_f(P) - \sum n \times \Delta H^\circ_f(R)$$
$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times \Delta H^\circ_f(H_2O)] - [(2 \times \Delta H^\circ_f(H_2) + 1 \times \Delta H^\circ_f(O_2)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(2 \times -242)] - [(2 \times 0) + (1 \times 0)]$$
$$\Delta Hr^\circ = -484 \ KJ/mol$$

نستخرج ΔGr° من القانون

$$\Delta Gr^\circ = \sum n \, \Delta G^\circ_f(P) - \sum n \, \Delta G^\circ_f(R)$$
$$\Delta Gr^\circ = [(2 \times \Delta G^\circ_f(H_2O)] - [(2 \times \Delta G^\circ_f(H_2) + (2 \times \Delta G^\circ_f(O_2)]$$
$$\Delta Gr^\circ = [(2 \times -228)] - [(2 \times 0) + (1 \times 0)]$$
$$\Delta Gr^\circ = -456 \ KJ/mol$$

نحول درجة الحرارة من $^\circ C \rightarrow K$

$$TK = TC^\circ + 273$$
$$TK = 25 + 273$$
$$TK = 298 \ K$$

نطبق القانون

$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T.\Delta Sr^\circ$$
$$T.\Delta Sr^\circ = \Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ$$
$$\Delta Sr^\circ = \frac{\Delta Hr^\circ - \Delta Gr^\circ}{T}$$
$$\Delta Sr^\circ = \frac{-484 - (-456)}{298}$$
$$\Delta Sr^\circ = \frac{-484 + 456}{298}$$
$$\Delta Sr^\circ = \frac{-28}{298} = -0.094 \ kJ/K.mol$$

نحول وحدة ΔSr° الى الـ J/K. mol بضربها ب 1000

$$\Delta Sr^\circ = -0.094 \times 1000 = -94 \ J/K.mol$$

س 24 : تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية $CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \longleftarrow CaCO_{3(g)}$
قيمة ΔSr° للتفاعل (160 J/K . mol) فاذا علمت ان ΔHf° لكل من $CaCO3$, CaO , CO_2 على التوالي بوحدات KJ/mol (-1207 , -635 , -393.5) جد

أ : ΔHr° ثم ارسم مخطط الطاقة

ب : ΔGr°

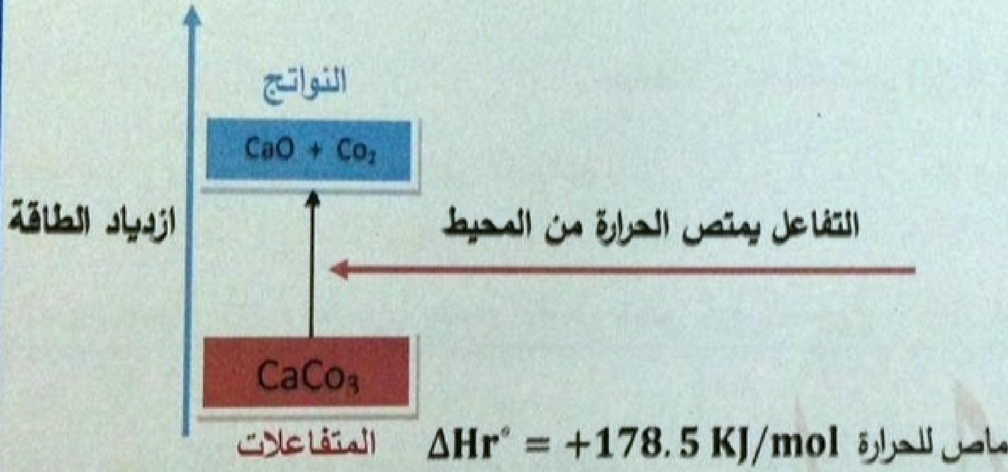
ج : درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي (مهم)

الحل

أ : نجد ΔHr°

$$\Delta Hr^\circ = \sum n \times \Delta H_f^\circ (P) - \sum n \times \Delta H_f^\circ (R)$$
$$\Delta Hr^\circ = [(1 \times \Delta H_f^\circ(CaO) + 1 \times \Delta H_f^\circ (CO_2)] - [(1 \times \Delta H_f^\circ(CaCo_3)]$$
$$\Delta Hr^\circ = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$
$$\Delta Hr^\circ = (-1028) + (1207) = 178.5 \ \ J/K.mol$$

نرسم مخطط الطاقة



$\Delta Hr^\circ = +178.5$ KJ/mol ماص للحرارة

ب : نجد ΔGr°

نحول وحدات ΔSr° الى KJ/k.mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^\circ = \frac{160}{1000} = 0.16 \ \ KJ/k.mol$$
$$\Delta Gr^\circ = \Delta Hr^\circ - T.\Delta Sr^\circ$$
$$\Delta Gr^\circ = 178.5 - (298 \times 0.16)$$
$$\Delta Gr^\circ = 178.5 - (47.68)$$
$$\Delta Gr^\circ = 130.82 \ \ KJ/mol$$

ج : درجة الحرارة سيصبح عندها التفاعل تلقائي

ملاحظة : اذا طلب في السؤال جد درجة الجرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي هذا يعني

ان التفاعل غير تلقائي $\Delta G = +$

و لأيجاد درجة الحرارة نطبق التالي :

نفرض التفاعل في حالة اتزان $\Delta G = 0$

$$\Delta G = \Delta H - T.\Delta S \Rightarrow \quad 0 = \Delta H - T.\Delta S \quad \Rightarrow \quad T.\Delta S = \Delta H$$

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$T = \frac{178.5}{0.16} = 1115.6\ K$$

لكي يكون التفاعل تلقائي يجب ان $T = 1115.6$ تكون اكبر من $1115.6\ K$

توضيح النقطة الاخيرة عند $\Delta H = +$ و $\Delta S = +$

لكي يكون التفاعل تلقائي يجب ان يكون $\Delta H > T\Delta S$

لان $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$= (+) - (+)$

$= + \quad -$

س 38 : التفاعل الاتي $CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \longrightarrow CaCO_{3(g)}$ غير تلقائي بالظروف الاعتيادية بين حسابيا بأي درجة حرارة يصبح عندها التفاعل تلقائي عند ($627\ °C$ او $927\ °C$) اذا علمت ان $\Delta Hr°$ للتفاعل تساوي $178.5\ KJ/mol$ و $\Delta Sr°$ تساوي $160\ J/K.mol$

الحل : لمعرفة بأي درجة حرارة يصبح التفاعل تلقائي نقوم بأستخراج $\Delta Gr°$ للحالتين :

عند $627\ °C$	عند $927\ °C$
نحول وحدة $\Delta Sr°$ وذلك بقسمتها على 1000	نحول وحدة $\Delta Sr°$ وذلك بقسمتها على 1000
$\Delta Sr° = \frac{160}{1000} = 0.16\ KJ/k.mol$	$\Delta Sr° = \frac{160}{1000} = 0.16\ KJ/k.mol$
نحول درجة الحرارة من $°C \leftarrow K$	نحول درجة الحرارة من $°C \leftarrow K$
$TK = TC° + 273$	$TK = TC° + 273$
$TK = 627 + 273 \Rightarrow TK = 900\ K$	$TK = 927 + 273 \Rightarrow TK = 1200\ K$
نطبق العلاقة $\Delta G = \Delta H - T.\Delta S$	نطبق العلاقة $\Delta G = \Delta H - T.\Delta S$
$\Delta G = 178.5 - (900 \times 0.16)$	$\Delta G = 178.5 - (1200 \times 0.16)$
$\Delta G = 178.5 - (144)$	$\Delta G = 178.5 - (192)$
$\Delta G = +34.5\ \ KJ/mol$ غير تلقائي	$\Delta G = -13.5\ \ KJ/mol$ تلقائي

س 36 : جد الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية اذا علمت ان قيم ΔH و ΔS لها

التفاعل A $\Delta H = +126\ KJ/mol$ $\Delta S = +48\ J/K.mol$

التفاعل B $\Delta H = -12\ KJ/mol$ $\Delta S = -105\ J/K.mol$

الحل :

التفاعل A

اذا ذكر جد درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي نفرض التفاعل في حالة اتزان اي $\Delta G = 0$

$$\Delta G = \Delta H - T.\Delta S$$
$$0 = \Delta H - T.\Delta S$$
$$T.\Delta S = \Delta H$$
$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة ΔS الى $KJ/k.mol$ بالقسمة على 1000

$$\Delta sr^{\circ} = \frac{48}{1000} = 0.048\ KJ/k.mol$$

نطبق القانون

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{126}{0.048} = 2625\ k$$

يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 2625 k لكي يصبح تلقائي

التفاعل B

نفرض التفاعل في حالة اتزان $\Delta G = 0$

$$\Delta G = \Delta H - T.\Delta S \Rightarrow \quad 0 = \Delta H - T.\Delta S \quad \Rightarrow \quad T.\Delta S = \Delta H$$
$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة ΔS الى $KJ/K.mol$ بالقسمة على 1000

$$\Delta S^{\circ}r = \frac{-105}{1000} = -0.105\ KJ/K.mol$$
$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{-12}{-0.105} = 114.3\ k$$

يجب تبريد التفاعل الى اقل من 114.3 k لكي يصبح تلقائياً

س37 : من قيم ΔH و ΔS تنبا باي التفاعلين التاليين يكون تلقائي عند درجة حرارة 25°C وضغط 1atm

التفاعل A $\Delta H = 11\ KJ/mol$ و $\Delta S = 30\ J/K.mol$

التفاعل B $\Delta H = 2\ KJ/mol$ و $\Delta S = 113\ J/K.mol$

اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائياً عند 25 C° وضغط 1atm فباي درجة حرارة قد يكون تلقائيا

الحل :

التفاعل A

نحول وحدات ΔS الى KJ/mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^{\circ} = \frac{30}{1000} = 0.03\ KJ/mol$$

$$\Delta Gr^{\circ} = \Delta Hr^{\circ} - T.\Delta Sr^{\circ}$$

$$\Delta Gr^{\circ} = 11 - (298 \times 0.03)$$

$$\Delta Gr^{\circ} = 11 - (8.94) = 2.06\ kJ/mol$$

بما ان الاشارة موجبة اذاً التفاعل غير تلقائي فيجب ايجاد درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي

، من العلاقة

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{11}{0.03} = 366.66\quad K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 366.66 K لكي يكون تلقائي

التفاعل B

نحول وحدات ΔS الى kJ/K.mol بالقسمة على 1000

$$\Delta Sr^{\circ} = \frac{113}{1000} = 0.113\ \ KJ/k.mol$$

نحول درجة الحرارة الى وحدة الكلفن k

$$TK = 25 + 273 = 298$$

$$\Delta Gr^{\circ} = \Delta Hr^{\circ} - T.\Delta Sr^{\circ}$$

$$\Delta Gr^{\circ} = 2 - (298 \times 0.113)$$

$$\Delta Gr^{\circ} = 2 - (33.674) = -31.674\ \ KJ/mol$$

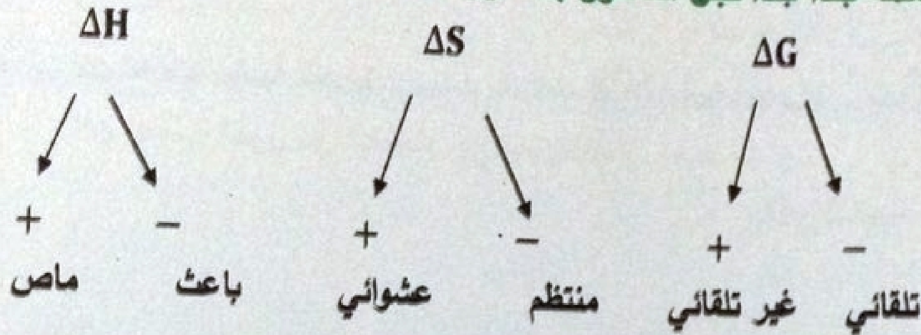
بما ان اشارة ΔG سالبة اذاً التفاعل تلقائي

فلا نحتاج لايجاد درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي لان التفاعل تلقائي اصلا

تعاليل علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

ملاحظات مهمة جداً جداً قبل الدخول بتعاليل كبس

تذكر :



أولا – الخطوة الأولى يجب معرفة إشارة **ΔG** هل هي سالبة (تلقائي) ام موجبة (غير تلقائي)

أ) يمكن معرفتها من خلال ذكر كلمة تلقائي او غير تلقائي في السؤال

ب) اما اذا لم يذكر كلمة تلقائي او غير تلقائي فيمكن معرفة الإشارة من خلال المعنى

ج) اما اذا كان السؤال يبدأ بالنفي (لا يتحلل – لا يتفكك – لا يتجزأ) يعني ان العملية لا تلقائية (موجبة)

ثانيا – الخطوة الثانية يجب معرفة إشارة **ΔH هل هي موجبة (ماص) ام سالبة (باعث)**

يمكن معرفة اشارتها من خلال عمليات

أ) (الانصهار– التسامي – التفكك – التحلل– التبخر – التأين– التجزء) هي عمليات ماصة للحرارة

$(\Delta H = +)$

ب) عمليات (الانجماد – الاتحاد – التكثيف – التبلور–ذوبان غاز في سائل) هي عمليات باعثة للحرارة

$(\Delta H = -)$

ثالثا – الخطوة الثالثة معرفة إشارة **ΔS** هل هي موجبة (عشوائي) ام سالبة (منتظم)

(غالبا تكون إشارة مشابهة **ΔS** لأشارة **ΔH**) لأن

أ) (الانصهار– التسامي – التفكك – التحلل– التبخر – التأين– التجزء) هي عمليات ماصة للحرارة

$(\Delta H = \Delta S = +)$

ب) عمليات (الانجماد – الاتحاد – التكثيف – التبلور–ذوبان غاز في سائل) هي عمليات باعثة للحرارة

$(\Delta H = \Delta S = -)$

رابعا – بعد معرفة جميع الاشارات نعوضها في قانون كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (كما في الأمثلة التالية)

خامسا – أخيراً يجب كتابة المعادلات ان امكن .

س 39 : علل ماياتي على ضوء علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

1- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

$\Delta H = +$ لان العملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ لان العملية تحول من الانتظام الى اللاانتظام



$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+) \quad (-)$$

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

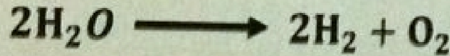
يكون تلقائي عندما $\Delta H < T\Delta S$

2- لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

$\Delta G = +$ لان العملية لا تلقائية

$\Delta H = +$ لان العملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ لان العملية يرافقها زيادة في العشوائية



$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+) (-)$$

$\Delta G = +$ لان العملية غير تلقائية

يكون التفاعل غير تلقائي عندما $\Delta H > T\Delta S$

3- يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائيا ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

$\Delta H = -$ لان العملية باعثة للحرارة

$\Delta S = -$ لان العلمية يرافقها نقصان في العشوائية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (-) - (-)$$
$$\Delta G = (-) \quad (+)$$

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

يكون تلقائي عندما $\Delta H > T\Delta S$

4- لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية

$\Delta G = +$ لان العملية لا تلقائية

$\Delta H = +$ لان العملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ لان العملية يرافقها زيادة في العشوائية



$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+) \quad (-)$$

$\Delta G = +$ لان العملية تلقائية

يكون التفاعل غير تلقائي عندما $\Delta H > T\Delta S$

5- تفكك اوكسيد الزئبق (II) يكون تلقائي دائماً عند درجات الحرارة العالية وليس بالظروف الاعتيادية

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

$\Delta H = +$ لان العملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ لان العملية ترافقها زيادة في العشوائية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+) \quad (-)$$

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائية

يكون التفاعل تلقائي عندما $T\Delta S > \Delta H$

6- لا ينجمد الماء تلقائيا بالظروف الاعتيادية

$\Delta G = +$ لان العملية لا تلقائية

$\Delta H = +$ لان العملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ لان العملية ترافقها زيادة في العشوائية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta G = (+) - (+)$$
$$\Delta G = (+) \quad (-)$$

$\Delta G = +$ لان العملية غير تلقائية

يكون التفاعل تلقائي عندما $T\Delta S < \Delta H$

حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية :

T_b (درجة حرارة الغليان) : وهي درجة الحرارة التي تتحول فيها المادة من حالتها السائلة الى الحالة الغازية (البخار)

T_m (درجة حرارة الانصهار) : وهي الدرجة التي تتحول منها المادة من حالتها الصلبة الى الحالة السائلة

للتذكير : (انثالبي التبخر ΔH_{vap}) (انثالبي الانصهار ΔH_{fus})

ان درجة حرارة الانصهار والغليان هما درجتان حراريتان يحدث عندهما اتزان بين ضغط بخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي .

وهذا يعني ان قيمة ΔG عند هذه الدرجات = صفر لذا تصبح علامة كبس كالتالي

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$
$$0 = \Delta H - T\Delta S$$
$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$$

الغليان $\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vab}}{T_b}$

الانصهار $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$

علاقة تروتن: ان قيمة ΔH_{vab} لاغلب السوائل عند درجة غليانها هي قيمة ثابتة (85 J/K.mol)

علاقة تروتن $85 = \Delta S\ (J/K.mol) = \frac{\Delta H_{vab}}{T_b}$

لاحظ العالم تروتن ان قيمة ΔH_{vab} لاغلب السوائل عند درجة غليانها هي قيمة ثابتة (85 J/K.mol) لذا سوف تصبح العلاقة بالشكل الاتي

$$\Delta S_{vab} = 85 = \frac{\Delta H_{vab}}{T_b}$$

وهذه العلاقة تسمى معادلة تروتن التي تستخدم في حساب انثالبي التبخر للسوائل من معرفة درجة غليانها T_b

ملاحظة : اذا كانت قيمة ΔS مطلوبة بالسؤال فلا نعتبرها 85 واذا كانت غير مطلوبة في السؤال فأعتبرها 85

مثال 13 : احسب انثالبي التبخر ΔH_{vab} للهكسان عند درجة الاتزان بوحدات KJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه تساوي $69c^{\circ}$

الحل : نحول وحدة درجة الحرارة الى الكلفن k

$$TK = Tc^{\circ} + 273 = 69 + 273 = 342\ kJ$$

نطبق علاقة تروتن

$$\Delta S_{vab} = 85 = \frac{\Delta H_{vab}}{T_b}$$

وسطين × الطرفين

$$\frac{85}{1} = \frac{\Delta H_{vab}}{342}$$

$$\Delta H_{vab} = 85 \times 342 = 29070\ J/mol$$

وللتحويل الى Kj/mol نقسم على 1000

$$\Delta H_{vab} = \frac{29070}{1000} = 29.07\ KJ/mol$$

تمرين 15: احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي $\Delta H_{vab} =$ 44 KJ/mol عند درجة غليان الماء $100\ c^{\circ}$



$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

الحل :

نحول درجة الحرارة الى الكلفن k

$$TK = TC^{\circ} + 273$$

$$TK = 100 + 273 = 373\ K$$

$$\Delta S_{vab} = \frac{\Delta H_{rab}}{T_b}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{44}{373}$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118\ kJ/K.mol$$

وللتحويل وحدة Δs الى $J/K.mol$ نضرب ب 1000

$$\Delta S_{vab} = 0.118 \times 1000 = 118\ J/K.mol$$

هناك تغير فيزيائي لم يتم التطرق اليها وهو انثالبي التسامي (تحول المادة الصلبة الى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة)

ان انثالبي التسامي ΔS_{sub} مجموع انثالبيات الانصهار والتبخر (علل)

ج : لانها دالة حالة

$$\Delta H_{sub} = \Delta H_{vab} + \Delta H_{fus}$$

ارقام صفحات اسئلة الفصل الاول

س 1 تعاريف روح دور عليهن	س 2 صفحة 35	س 3 صفحة 13
س 4 صفحة 6	س 5 صفحة 13	س 6 صفحة 3
س 7 صفحة 6	س 8 صفحة 9	س 9 صفحة 4
س 10 صفحة 4	س 11 صفحة 4	س 12 صفحة 5
س 13 صفحة 5	س 14 صفحة 5	س 15 صفحة 39
س 16 صفحة 12	س 17 صفحة 11	س 18 صفحة 13
س 19 صفحة 26	س 20 صفحة 18	س 21 صفحة 21
س 22 صفحة 22	س 23 صفحة 22	س 24 صفحة 41
س 25 صفحة 25	س 26 صفحة 25	س 27 صفحة 32
س 28 صفحة 28	س 29 صفحة 27	س 30 صفحة 31
س 31 صفحة 40	س 32 صفحة 33	س 33 صفحة 33
س 34 صفحة 34	س 35 صفحة 23	س 36 صفحة 43
س 37 صفحة 44	س 38 صفحة 42	س 39 صفحة 46



اِصنع جسراً مِنّ الأملِ فُوقَ نَهرٍ مِنِ اليأسّ

حسين الهاشمي



مفتاح الكيمياء

الاحيائي

Design:@musmm2

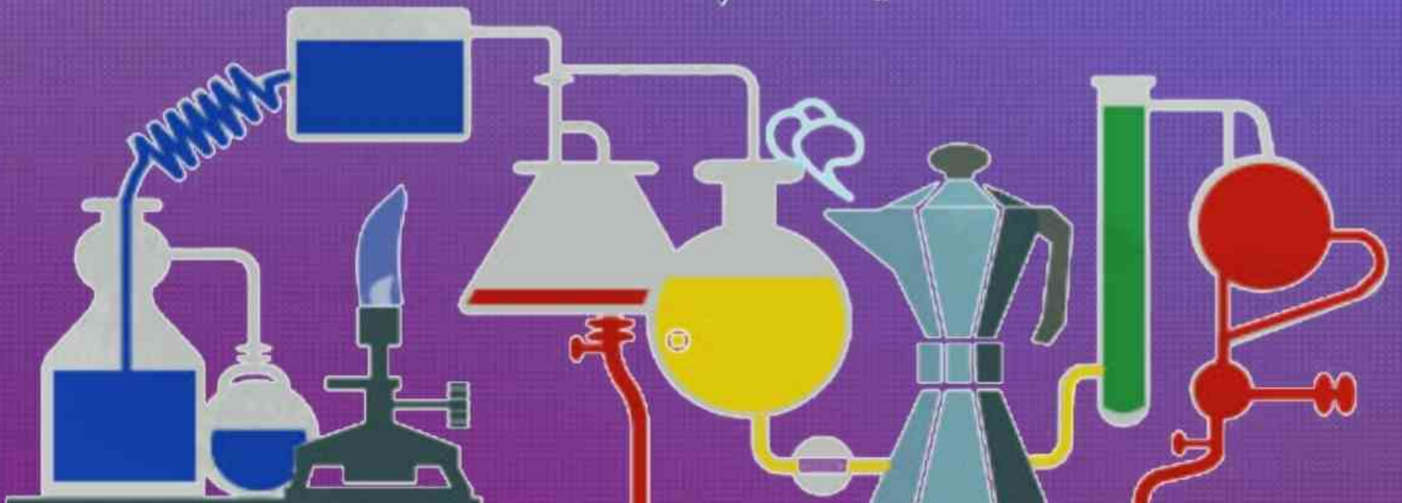
الفصل الثاني

اعداد الاستاذ

حسين قيس الهاشمي

ملازم ووزاريات المتميز

تليكرام @m1sades



الفصل الثاني
الاتزان الكيميائي

التفاعل الكيميائي: وهو عملية تتحول فيها مادة واحدة او أكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة او المواد التي تفاعلت في البداية.

المعادلة الكيميائية: هي اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على النواتج ويمثل السهم في المعادلة اتجاه التفاعل.

تقسم التفاعلات حسب اتجاه التفاعل الى قسمين:

1- **تفاعلات انعكاسية غير تامة:** وهي التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها تحول المادة المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى.

2- **تفاعلات غير انعكاسية تامة:** وهي التفاعلات الكيميائية التي تتم فيها (عند ظروف معينة) استهلاك تام لاحد او جميع المواد المتفاعلة ولا يكون للمواد الناتجة عند نفس الظروف القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها.

أي ان
في التفاعلات الانعكاسية غير التامة لا تستهلك المواد المتفاعلة فيها كليا بسبب ان المواد الناتجة تبدأ بتكوين المواد المتفاعلة ويستمر هذا الوضع مهما طال وقت التفاعل أي لا يتم فيها استهلاك المواد المتفاعلة تماما حيث يوضع سهمين متعاكسين ⇌ للدلالة على ذلك

حالة الاتزان: وهي حالة يصل اليها التفاعل عندما تتساوى سرعتي التفاعل (الامامي والخلفي) ($R_f = R_b$) فيصل التفاعل الى حالة تدعى حالة الاتزان وهي حالة اتزان ديناميكي حركي وليس اتزان استاتيكي (ساكن).



مثل

K_f	ثابت سرعة التفاعل الامامي
K_b	ثابت سرعه التفاعل الخلفي

تقسم التفاعلات حسب الطور الفيزيائي الى قسمين:

1- **التفاعلات الانعكاسية المتجانسة:** وهي التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد مثل:



$$Zn_{(s)} + S_{(s)} \rightleftharpoons ZnS_{(s)}$$

2- **التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة:** وهي التفاعلات التي توجد فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد مثل:



$$2Hg_{(L)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

س3 (فرع 8) تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة؟

ج/ ان التفاعلات التي تتوقف هي التفاعلات الغير انعكاسية (التامة) حيث يتم استهلاك احد او جميع المواد المتفاعلة تماماً فتتوقف اما التفاعلات الانعكاسية والتي تظهر وكأنها متوقفة لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة وتجري في كلا الاتجاهين لان حالة الاتزان الكيميائي هي حالة اتزان ديناميكي وليس استاتيكي (ساكن) أي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الامامي والخلفي بالمقدار والسرعة ذاتها أي ان: سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي فيبقى التفاع بحالة اتزان.

حالة الاتزان وقانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة: عند ثبوت درجة الحرارة فأن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلا منهما مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوعة امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة.

ثابت الاتزان K_{eq}: وهو النسبة بين ثابت سرعة التفاعل الامامي K_f وثابت تناسب سرعة التفاعل الخلفي K_b

$$K_{eq} = \frac{K_f \text{ ثابت سرعة التفاعل الامامي}}{K_b \text{ ثابت سرعة التفاعل الخلفي}}$$

مثال 1 للتفاعل المتزن التالي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وجد ان ثابت سرعة التفاعل الامامي K_f يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq}

الحل

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين 1 تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b له يساوي 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الامامي K_f

الحل

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b}$$

$$4.24 = \frac{K_f}{0.02}$$

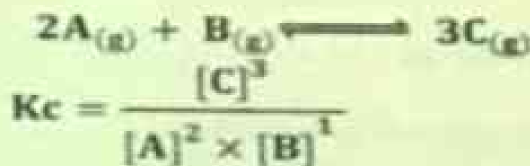
$$K_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

يقسم ثابت الاتزان العام K_{eq} الى نوعين:

أ// ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية Kc: وهو حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوما على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند حالة الاتزان كل منهما مرفوع الى اس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.

- ثابت الاتزان قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة.
- يطبق ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية Kc على المواد في الحالة الغازية (g) والمحاليل المائية (aq) فقط.

مثال عن ثابت الاتزان Kc



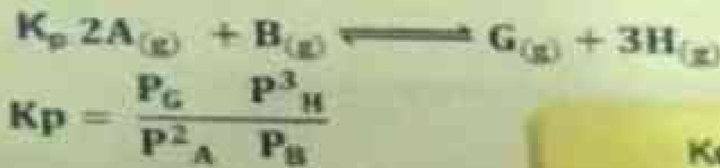
$$2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$$

$$Kc = \frac{[C]^3}{[A]^2 \times [B]^1}$$

ب// ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية Kp: هو حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منهما مرفوع الى اس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.

- ثابت الاتزان هو قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة.
- يطبق ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية Kp على المواد في الحالة الغازية(g) فقط.

مثال عن ثابت الاتزان



$$K_p\ 2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons G_{(g)} + 3H_{(g)}$$

$$Kp = \frac{P_G \quad P^3_H}{P^2_A \quad P_B}$$



ملاحظة مهمة جدا

ان ثابت الاتزان (K_c) يأخذ المواد في حالتها الغازية (g) والمحاليل المائية (aq) فقط اما ثابت الاتزان (K_p) يأخذ المواد في حالتها الغازية (g) كما في الجدول التالي

Kp	Kc
✗ (S) صلب	✗ (S) صلب
✗ (L) سائل	✗ (L) سائل
✓ (g) غاز	✓ (g) غاز
✗ (aq) محلول مائي	✓ (aq) محلول مائي

من خلال الجدول السابق يتبين لنا انه يجب حذف المواد الصلبة والسائلة عند تطبيق K_c وحذف المواد الصلبة والسائلة والمحاليل المائية عند تطبيق K_p



(انتبه على الحالة الفيزيائية قبل ما تحل السؤال ترة اكو اسئلة تغدر)

علل: تحذف تراكيز المواد الصلبة والسائلة النقية من علاقة ثابت الاتزان ؟

ج: لان المواد الصلبة والسائلة النقية يبقى تركيزها ثابتاً مهما تغيرت كميتها حتى وان تغير الحجم فان النسبة بين كمية هذه المواد الى الحجم سوف تبقى ثابتة.

مثال 2 اكتب ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية بدلالة التراكيز المولارية



1) $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$



2) $NO_{2}^{-}{}_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons HNO_{2(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$



3) $CaCO_{3(S)} + 2HCl_{(aq)} \rightleftharpoons CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(L)}$

الحل

1) $Kc = \frac{[H_2]\,[Br_2]}{[HB_r]^2}$

2) $Kc = \frac{[HNO_2]\,[OH^-]}{[NO_2^{\ -}]}$

3) $Kc = \frac{[CO_2]\,[CaCl_2]}{[HCl]^2}$

لاحظ ان المواد الصلبة والسائلة قد حذفت عند تطبيق القانون

تمرين 2 اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية Kc وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية Kp للتفاعلات الاتية ان أمكن؟



1) $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

$$K_c = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \quad , \quad K_p = \frac{P^2CO \ \ PO_2}{P^2CO_2}$$



2) $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3} \qquad K_p = \frac{P^2O_3}{P^3O_2}$$



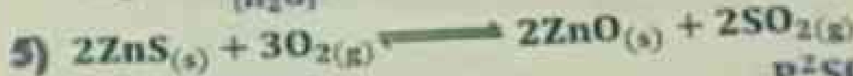
3) $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$

$$K_c = \frac{[COCl_2]^1}{[CO]^1 \ [Cl_2]^1} \quad , \quad K_p = \frac{Pcocl_2}{Pco \ \ Pcl_2}$$



4) $H_2O_g + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

$$K_c = \frac{[CO]^1[H_2]^1}{[H_2O]^1} \qquad K_p = \frac{Pco \ \ PH_2}{PH_2O}$$



5) $2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$

$$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3} \quad , \quad K_p = \frac{P^2SO_2}{P^3O_2}$$



6) $C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$

$$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-]\,[H^+]}{[C_6H_5COOH]} \quad , \quad K_p = \frac{1 \times 1}{1} = 1$$

لا يمكن التعبير عن علاقة K_p لعدم وجود غاز.



7) $2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(L)}$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[NO_2]^2[H_2]^7} \quad , \quad K_p = \frac{P^2NH_3}{P^2NO_2 \ \ P^7H_2}$$

مثال 3-2 اكتب ثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية للتفاعلات الاتية



1) $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$$Kp = \frac{P^2NH_3}{P^3H_2 \ \ PN_2}$$



2) $2Hg_{(L)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(S)}$

$$Kp = \frac{1}{PO_2}$$

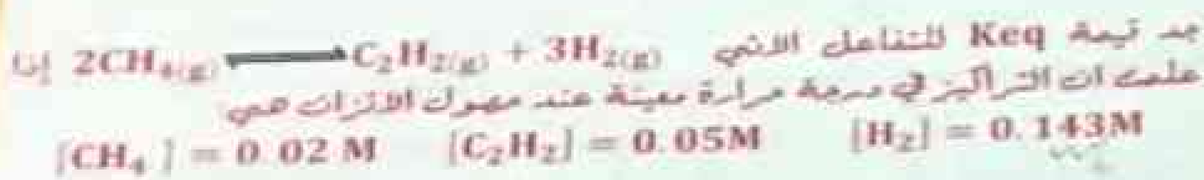


حساب ثابت الاتزان K_{eq}

هناك اربعة انواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان:

النوع الاول

وفيه تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة في حالة اتزان حيث نطبق قانون Keq مباشرة.



مثال 4 جد قيمة Keq للتفاعل الاتي $2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ إذا علمت ان التراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[CH_4] = 0.02\ M \quad [C_2H_2] = 0.05M \quad [H_2] = 0.143M$

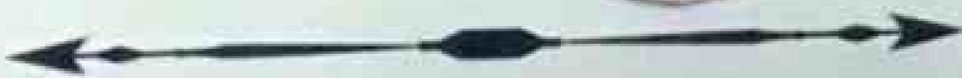
الحل

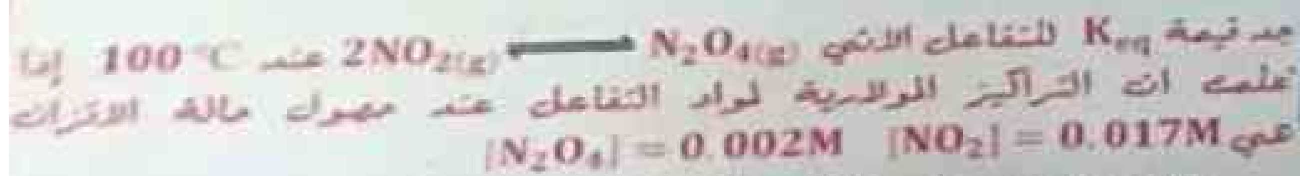
بما ان المعطى تراكيز مولارية إذا سوف نطبق علاقة Kc

$$Kc = \frac{[C_2H_2]\,[H_2]^3}{[CH_4]^2}$$

$$= \frac{(0.05)(0.143)^3}{(0.02)^2} = 0.37$$

(نلاحظ ان ثوابت الاتزان (Kc, K_p, K_{eq}) بدون وحدات)





تمرين 3 جد قيمة K_{eq} للتفاعل الاتي $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ عند 100 °C إذا علمت ان التراكيز المولارية لمواد التفاعل عند حصول حالة الاتزان هي $[N_2O_4] = 0.002M \quad [NO_2] = 0.017M$

الحل

بما ان المعطيات هي تراكيز مولارية لذلك سوف نطبق قانون Kc

$$Kc = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2} = \frac{(0.002)}{(0.017)^2}$$

$$= \frac{0.002}{0.000289} = 6.92$$

النوع الثاني

وفيه تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة ونعطى تراكيز او ضغوط ابتدائية للمواد المتفاعلة ويطلب التراكيز عند الاتزان

مثال 5 في التفاعل الاتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ خلط 0.5mol من H_2 و 0.5mol من I_2 في وعاء حجمه لتر وبدرجة حرارة 430 °C وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل يساوي 5.29 احسب تراكيز المواد التي تمثل مزيج الاتزان

الحل نحن لا نتعامل بالمولات mol ولكن نتعامل بالتركيز المولاري (M) اذا يجب تحويل المولات الى تراكيز مولارية (M)

$$[M] = \frac{n(mol)}{v(L)} = \frac{0.5}{1} = 0.5\ mol/L = 0.5M$$

	$H_{2(g)}$ +	$I_{2(g)}$ ⇌	$2HI_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.5	0.5	0
التغير في التراكيز	-x	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	0.5-x	0.5-x	2x

نطبق الفرضية
$$\sqrt{5.29} = 2.3$$

$$Kc = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

نعوض التراكيز عند الاتزان ونعوض قيمة Kc

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5-X][0.5-X]} \Rightarrow 5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5-X]^2}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5-X]}$$

وسطين X طرفين

$$2.3\,(0.5-x) = 2x \Rightarrow 1.15-2.3x=2x$$

$$1.15 = 2x + 2.3x \Rightarrow 1.15 = 4.3x \Rightarrow X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267\ M$$

بعدها نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة لايجاد التراكيز عند الاتزان

عند الاتزان $[H_2] = [I_2] = 0.5 - X = 0.5 - 0.267 = 0.233\ M$

$$[HI] = 2X = 2(0.267) = 0.534\ M$$

تمرين 4 للتفاعل الاتي $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ وضع في اناء حجمه لتر واحد 0.4mol من كل من H_2 و Br_2 وبدرجة حرارة 425 °C احسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان اذا علمت ان ثابت الاتزان لهذا التفاعل يساوي $Kc = 0.25$

الحل

بما ان الحجم يساوي لتر واحد اذا $n = M$

نكتب الفرضية

	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$ ⇌	$2HBr_{(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.4	0.4	0
التغير في التراكيز	- x	- x	+ 2x
التراكيز عند الاتزان	0.4 - x	0.4 -x	2x



بالجذر التربيعي

$$Kc = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Rightarrow 0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4-X]^2} \Rightarrow 0.5 = \frac{2X}{0.4-X}$$

وسطين X طرفين

$$0.5(0.4-X) = 2X \Rightarrow 0.2 - 0.5X = 2X$$
$$0.2 = 2X + 0.5X \Rightarrow 0.2 = 2.5X$$
$$X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08\ M$$

في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان) لاستخراج التراكيز عند الاتزان X نعوض قيمة

$$[H_2] = [Br_2] = 0.4 - X = 0.4 - 0.08 = 0.32\ M$$
$$[HBr] = 2X = 2(0.08) = 0.16\ M$$

في بعض الأحيان قد يستبدل التراكيز المولارية بضغوط جزيئية عندها نستخدم Kp ونطبق نفس الخطوات تماما .



النوع الثالث

ان النوع الثالث هو الأهم وزاريا وقد يختلف عن النوع الأول والثاني فليس له نظام او سياسة محددة وقد يأتي بعدة صيغ تابع معي الأمثلة الآتية:

مثال 6 في احدى التجارب العلمية ادخل 0.625 mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته 5L تتفكك الغاز حسب التفاعل التالي وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي يساوي 0.025 mol/L احسب قيمة Kc لهذا التفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

الحل

	$N_2O_{4(g)}$ ⇌	$2NO_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.125	0
التغير في التراكيز	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	0.125 – X	2X

نطبق الفرضية

لاحظ ان الحجم يساوي 5L اذا $n \neq M$

فيجب تحويل المولات الى تركيز مولاري بالعلاقة التالية:

$$[M] = \frac{n(mol)}{V(L)} = \frac{0.625}{5}$$

$$= 0.125\frac{mol}{L} = 0.125M$$

من المعطيات ان تركيز N_2O_4 المتبقي يساوي 0.25 M اذا

$$0.125 - X = 0.025$$
$$X = 0.125 - 0.025$$
$$X = 0.1\ M$$

نعوض X في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان) لايجاد تركيز NO_2

$$[NO_2] = 2X = 2(0.1) = 0.2\ M$$

الان نستخرج قيمة Kc

$$Kc = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[0.2]^2}{[0.025]} = \frac{0.04}{0.025} = 1.6$$

تمرين 5 للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ وضع في اناء حجمه لتر 0.8 mol من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد تفككت احسب Kc

الحل بما انه V = 1L اذا n = M

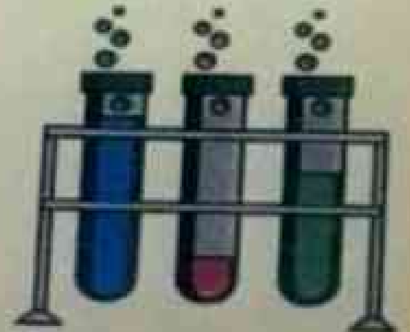
	$2CO_{2(g)}$ ⇌	$2CO_{(g)}$ +	$O_{2(g)}$
التراكيز الابتدائية	0.8	0	0
التغير في التراكيز	- 2x	+ 2x	+ x
التراكيز عند الاتزان	0.8 - 2x	2X	x

تطبق الفرضية

من معطيات السؤال ان نصف كمية الغاز قد تفككت (نقصد غاز CO_2)

هذا يعني ان كمية الغاز (0.8) نصفها (0.4) اذا المتفكك = 0.4

اذا المتفكك في هذا السؤال هو 2X



$$2X = 0.4$$
$$2X = 0.4$$
$$X = \frac{0.4}{2}$$
$$= 0.2\ M$$

نعوض قيمة X في حالة الاتزان (الخطوة الثالثة لايجاد التراكيز عند الاتزان)

$$[CO_2] = 0.8 - 2X \quad = 0.8 - 2(0.2)$$
$$= 0.8 - 0.4 \quad = 0.4\ M$$
$$[CO] = 2X$$
$$= 2(0.2) \quad = 0.4\ M$$
$$[O_2] = X \quad = 0.2\ M$$

نعوض التراكيز عند الاتزان في قانون Kc لايجاد Kc

$$Kc = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$= \frac{(0.4)^2\ (0.2)}{(0.4)^2} = 0.2$$

تمرين 6 في التفاعل الغازي الاتي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وضعت كميات مختلفة (مولات مختلفة) من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 mol وما تبقى من N_2 يساوي 0.2 mol ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما بان ثابت الاتزان $Kc = 200$

الحل

بما ان الحجم يساوي لتر واحد اذا

التركيز المولاري = عدد المولات

بما ان H_2 و N_2 مولات مختلفة ومجهولة إذا نفرضهم B و A

	$3H_{2(g)}$	$+ N_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
التراكيز الابتدائية	A	B	0
التغير في التراكيز	- 3x	- x	+2x
التراكيز عند الاتزان	A - 3x	B - X	2X

ذكر السؤال ان ما استهلك من $H_2 = 0.3$ اذا $-3x = 0.3$

$$3X = 0.3 \quad \Rightarrow X = \frac{0.3}{3} = 0.1\ M$$

نستخرج تركيز NH_3 عند الاتزان وذلك بتعويض قيمة X

$$[NH_3] = 2X = 2(0.1) = 0.2\ M$$

ذكر بالسؤال ان قيمة المتبقي من N_2 تساوي 0.2 اذا

$$B - X = 0.2 \quad \Rightarrow B - 0.1 = 0.2$$

قبل التفاعل $B = 0.2 + 0.1 = 0.3\ M = [N_2] = n$

ان تركيز H_2 عند الاتزان سوف يصبح

$$[H_2] = (A - 3X)^3 = (A - 3(0.1))^3 = (A - 0.3)^3$$

أصبحت التراكيز جاهزة اذا سوف نعوضها في قانون Kc لاستخراج قيمة A

$$Kc = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$$

$$200 = \frac{(0.2)^2}{(A-0.3)^3\,(0.2)} \quad \rightarrow \quad 200 = \frac{0.2}{(A-0.3)^3}$$

بالجذر التكعيبي $(A - 0.3)^3 = \frac{0.2}{200} = (A - 0.3)^3 = 0.001$

$$A - 0.3 = 0.1 \quad \rightarrow \quad A = 0.1 + 0.3 = 0.4\ M$$

مثال 7 للتفاعل الغازي الاتي $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وفي وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد ان ضغط غاز SO_3 قبل تفككه يساوي 3atm عند درجة حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي لخليط الاتزان يساوي 4 atm احسب Kp للتفاعل عند الاتزان

الحل

نكتب الفرضية

	$2SO_{3(g)}$ ⇌	$2SO_{2(g)}$ +	$O_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	3	0	0
التغير في الضغوط	- 2x	+ 2x	+ x
الضغوط عند الاتزان	3 - 2x	2X	x

حسب قانون دالتون ان الضغط الكلي PT

يساوي مجموع الضغوط الجزيئية للغازات عند الاتزان

$$PT = Pso_3 + Pso_2 + Po_2$$
$$4 = (3 - 2x) + (2x) + (x)$$
$$4 = 3 - 2x + 2x + x$$
$$4 = 3 + x$$
$$x = 4 - 3$$
$$x = 1\ atm$$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان)

للحصول على الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$$Pso_3 = 3 - 2x = 3 - 2(1) = 1\ atm$$
$$Pso_2 = 2x = 2(1) = 2\ atm$$
$$Po_2 = x$$
$$= 1\ atm$$

نعوض الضغوط عند الاتزان (النهائية)

في قانون Kp لاستخراج Kp

$$Kp = \frac{P^2so_2\ Po_2}{P^2so_3}$$
$$= \frac{(2)^2 \times 1}{(1)^1} = 4$$

س21) في التفاعل الغازي المتزن $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ وجد ان ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1 atm فاذا علمت ان Kp للتفاعل يساوي $\frac{1}{6}$ فما ضغطا غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل

الحل

	$PCl_{3(g)}$ +	$Cl_{2(g)}$ ⇌	$PCl_{5(g)}$
الضغوط الابتدائية	2A	A	0
التغير في الضغوط	-x	-x	+x
الضغوط عند الاتزان	2A - x	A - X	x

نكتب الفرضية

ذكر السؤال ان ضغط Cl_2 عند الاتزان يساوي 1 atm اذا

$$A - X = 1 \Rightarrow X = A - 1$$

فان ضغط PCl_3 عند الاتزان سوف يصبح :

$$P_{PCl_3} = 2A - X \Rightarrow P_{PCl_3} = 2A - (A - 1)$$

$$P_{PCl_3} = 2A - A + 1 \Rightarrow P_{PCl_3} = A + 1$$

و ان ضغط PCl_5 عند الاتزان سوف يصبح:

$$P_{PCl_5} = X = (A - 1)$$

بعدها نعوض الضغط عند الاتزان في قانون ثابت الاتزان Kp

$$Kp = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3} P_{Cl_2}}$$

وسطين × طرفين

$$\frac{1}{6} = \frac{A - 1}{(A + 1)(1)} \Rightarrow 6A - 6 = A + 1 \Rightarrow 6A - A = 1 + 6$$

ضغط Cl_2 قبل الاتزان (في بداية التفاعل)

$$5A = 7 \Rightarrow A = \frac{7}{5} \Rightarrow A = 1.4 \text{ atm}$$

وعليه ضغط PCl_3 قبل الاتزان (في بداية التفاعل)

$$2A = 2 \times 1.4 = 2.8 \text{ atm}$$

بهذا السؤال استخدمنا X بدلالة A (ونكدر انك) نستخدم A بدلالة X وصدكني راح يطلع نفس الناتج (كل الطرق تؤدي الى روما)

س24 للتفاعل المتزن $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من H_2 و CO_2 وبدرجة حرارة 2000 K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3mol ما تراكيز خليط الاتزان علما بان ثابت الاتزان Kc يساوي 4 ؟

الحل بما ان الحجم يساوي 1 لتر فأن $n = M$

	$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$			
التركيز الابتدائية	A	A	0	0
التغير في التراكيز	-x	-x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	A - x	A - x	X	X

نكتب الفرضية

ذكر في السؤال ان عدد المولات الكلية nT تساوي 3 mol اذا

$$nT = n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{CO} + n_{H_2O}$$
$$3 = (A - X) + (A - X) + X + X$$
$$3 = 2A \Rightarrow A = \frac{3}{2} \Rightarrow A = 1.5\ M = [CO_2] = [H_2]$$ قبل بدأ التفاعل

عند الاتزان سوف يكون H_2 و CO_2 وعليه ان تركيز

$$[CO_2] = [H_2] = A - X = 1.5 - X$$
$$Kc = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$
$$4 = \frac{[X]\ [X]}{[1.5 - X][1.5 - X]}$$
$$4 = \frac{X^2}{[1.5 - X]^2}$$ بالجذر التربيعي



$$2 = \frac{X}{1.5 - X}$$
$$2\ (1.5 - X) = X$$
$$3 - 2X = X$$
$$3X = 3 \Rightarrow X = \frac{3}{3} \Rightarrow X = 1\ M$$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة لايجاد التراكيز عند الاتزان

$$[CO_2] = [H_2] = 1.5 - X$$
$$= 1.5 - 1 = 0.5\ M$$
$$[CO] = [H_2O] = X = 1\ M$$

(س26) وضع 4 g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2 L عند درجة حرارة 27 °C وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الاتية $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ فإذا كانت K_p للتفاعل يساوي 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علما بأن الكتلة المولية للغاز تساوي 20 g/mol

(الحل) سوف نطبق قانون الغاز المثالي $Pv = nRT$ لاستخراج الضغط الابتدائي لغاز HF

أولاً نستخرج عدد المولات من القانون

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4}{20} = 0.2\ mol$$

وبعدها نحول درجة الحرارة الى الكلفن

$$TK = t°C + 273$$

$$TK = 27 + 273 = 300K$$

ثم نطبق القانون العام للغازات المثالية

$$Pv = nRT$$

$$P_{HF} = \frac{nRT}{v} = \frac{0.2 \times 0.082 \times 300}{2} =$$

$P_{HF} = 2.46\ atm$ الضغط الابتدائي لغاز HF

نطبق الفرضية

	$2HF_{(g)}$ ⇌	$H_{2(g)}$ +	$F_{2(g)}$
الضغوط الابتدائية	2.46	0	0
التغير في الضغوط	-2 x	+ x	+ x
الضغوط عند الاتزان	2.46 - 2x	X	X

$$K_p = \frac{P_{H_2}\ P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{x^2}{(2.46-2X)^2}$$ بالجذر التربيعي للطرفين

$$1.1 = \frac{X}{2.46 - 2X} \Rightarrow 1.1(2.46 - 2X) = X \Rightarrow 2.7 - 2.2X = X$$

$$2.2X + X = 2.7 \Rightarrow 3.2X = 2.7 \Rightarrow X = \frac{2.7}{3.2} \qquad X = 0.84\ atm$$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة لايجاد ضغط غاز HF عند الاتزان

$$P_{HF} = 2.46 - 2X$$

$$P_{HF} = 2.46 - 2(0.84)$$

ضغط غاز HF عند الاتزان

$$P_{HF} = 2.46 - 1.68 = 0.76\ atm$$

[illegible]

النوع الرابع

ويعتبر من اسهل الأنواع حيث يعطي فيه التراكيز الابتدائية ويعطي النسبة المئوية للمتحلل او المتفكك (الخطوة الثانية) ويطلب قيمة ثابت الاتزان عندها سوف نستخدم القانون التالي:

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل او المتفكك} = \frac{\text{المتحلل او المتفكك}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

نحن نحتاج المتفكك او المتحلل X اذن سوف يصبح القانون:

$$\text{المتحلل او المتفكك} = \frac{\text{النسبة المئوية للمتحلل او المتفكك}}{100\%} \times \text{التركيز الابتدائي}$$

س18 للتفاعل المتزن $A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$ وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء التفاعل حجمه لتر واحد عند(STP) يصل التفاعل الى حالة الاتزان نوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة K_c للتفاعل؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01 M من A_2 وعند ظروف التفاعل نفسها ؟

الحل بما ان الحجم واحد لتر اذن عدد المولات = التركيز المولاري

$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2A_{(g)}$
1	0
-x	+2x
1-X	2X

نطبق الفرضية

ولاستخراج المتحلل يجب تطبيق القانون الخاص بالنسبة المئوية

انتبه !! لدينا النسبة المئوية للمتحلل وليس المحلل

$$\text{المتحلل او المتفكك} = \frac{\text{النسبة المئوية للمتحلل او المتفكك}}{100\%} \times \text{التركيز الابتدائي}$$

$$X = \frac{1\%}{100\%} \times 1 \rightarrow X = \frac{1}{100} = 0.01\,M$$

اذا سوف تكون التراكيز النهائية كالاتي:

$$[A_2] = 1 - X = 1 - 0.01 = 0.99\,M \simeq 1M \rightarrow [A] = 2X = 2(0.01) = 0.02\,M$$

نطبق قانون ثابت الاتزان K_C

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} \rightarrow K_C = \frac{(0.02)^2}{(0.99)} = 4 \times 10^{-4}$$

اما بالنسبة للمطلب الثاني الذي هو : ما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 وعند نفس الظروف

$$K_C = \frac{[A]^2}{[A_2]} \Rightarrow 4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{0.01}$$

بالجذر للطرفين

$$[A] = 2 \times 10^{-3}\,M = 0.002\,M$$

العلاقة بين ثابتي الاتزان K_C و K_P

هناك علاقة تربط بين ثابتي الاتزان K_C و K_P والمعبر عنها بالعلاقتين التاليتين:

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta ng} \qquad K_C = K_P (RT)^{-\Delta ng}$$

تتوقف العلاقة بين K_P و K_C على حيث ان

K_C ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية

K_P ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية

R الثابت العام للغازات وقيمته $0.082 \frac{L.atm}{K.mol}$

T درجة الحرارة بالكلفن (K) وتحسب من القانون $Tk = tc^{\circ} + 273$

Δng ويمثل الفرق بين عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة للمواد الغازية فقط لذلك وضع الحرف (g) ويحسب من العلاقة التالية

$$\Delta ng = \sum n_g \text{(للنواتج)} - \sum n_g \text{(للمتفاعلات)}$$

ملاحظات مهمة جداً

- إذا كانت قيمة $\Delta ng = 0$ فأن $K_C = K_P$
- إذا كانت قيمة $\Delta ng = +$ فأن $K_C < K_P$ (عدد مولات النواتج أكبر من عدد مولات المتفاعلات)
- إذا كانت قيمة $\Delta ng = -$ فأن $K_C > K_P$ (عدد مولات المتفاعلات أكبر من عدد مولات النواتج)

مثال 8 في تفاعل ما $\Delta ng = -1$ و $K_C = 4.1$ بدرجة حرارة $227C^{\circ}$ فما قيمة K_P لهذا التفاعل؟

الحل

نحول درجة الحرارة الى الكلفن (K)

$$Tk = tc^{\circ} + 273$$
$$Tk = 227 + 273$$
$$Tk = 500\ k$$

نطبق القانون

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta ng}$$
$$K_P = 4.1 (0.082 \times 500)^{-1}$$
$$K_P = \frac{4.1}{0.082 \times 500}$$
$$= \frac{4.1}{41}$$
$$= 0.1$$

مثال 9 افرض حصول الاتزان للتفاعل الاتي عند درجة حرارة 300 K
$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$ وجد ان قيم الضغوط الجزيئية لكل من
غازي النواتج عند حصول الاتزان تساوي 0.3 atm احسب K_P و K_C للتفاعل

الحل



$$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$$

$$1 \qquad 0.3 \qquad 0.3$$

نحسب K_P من قانون ثابت الاتزان مع مراعاة ان
$NH_4HS_{(s)}$ سوف نهمل لانها مادة صلبة (S)

$$K_P = \frac{P_{NH_3}\ P_{H_2S}}{1} = \frac{(0.3)(0.3)}{1} = 0.09$$

لاستخراج قيمة K_C نطبق القانون الذي يربط بين K_P و K_C لكن قبلها يجب ان
نستخرج قيمة Δng مع مراعاة حذف عدد مولات المادة الصلبة

$$\Delta ng = \sum n_g\ (\text{النواتج}) - \sum n_g\ (\text{المتفاعلات})$$

$$\Delta ng = 2 - 0 = 2$$

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 0.09\,(0.082 \times 300)^{-2}$$

$$K_C = \frac{0.09}{(0.082 \times 300)^{+2}} = \frac{0.09}{605.16} = 0.000148 = 1.5 \times 10^{-4}$$



تمرين 7 احسب قيمة K_C للتفاعل الغازي التالي عند $500\ C^\circ$ إذا علمت ان قيمة K_P
للتفاعل تساوي 1.5×10^{-5} عند درجة الحرارة نفسها



$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الحل

نستخرج Δng $\qquad \Delta ng = \sum n_g\,(P) - \sum n_g\,(R)$

$$\Delta ng = 2 - 4 = -2$$

نحول درجة الحرارة الى وحدة (K)

$$Tk = tc^\circ + 273$$

$$Tk = 500 + 273$$

$$Tk = 773\ k$$

نطبق القانون الذي يربط بين K_P و K_C وبما اننا نحن نحتاج K_C اذا سوف نطبق

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 1.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 773)^{-(-2)}$$

$$K_C = 1.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 773)^{+2}$$

$$K_C = 1.5 \times 10^{-5}\,(4017.78)$$

$$K_C = 0.06$$

تمرين 8 : اذا كانت قيمة K_c تساوي 1.6 عند 1000°C بالنسبة للتفاعل الاتي $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ احسب ضغط CO الجزئي في حالة الاتزان عندما يكون الضغط الجزئي في تلك الحالة لغاز CO_2 يساوي 0.6 atm

الحل : لحساب ضغط CO في حالة الاتزان يجب ان يتوفر لدينا K_p ولكن للأسف ان K_p غير موجود إذا يجب ان نستخرجه.

بما ان لدينا K_c اذا سوف نستخرج K_p من العلاقة التي تربط بين K_p و K_C

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta ng}$$

ان هذا القانون لا يعمل حاليا بسبب عدم توفر Δng و T_k اذا يجب ان نوفرهم (تذكر ان هذا القانون يعمل على عدد مولات المواد الغازية فقط أي ان الصلبة تحذف

$$\Delta ng = \sum n_g (P) - \sum n_g (R) \rightarrow \Delta ng = 2 - 1 = 1$$

نستخرج درجة الحرارة بالكلفن (K)

$$Tk = tc^{\circ} + 273 \rightarrow Tk = 1000 + 273 \rightarrow Tk = 1273\ k$$

ثم نطبق القانون

$$K_P = K_C (RT)^{\Delta ng} \rightarrow K_P = 1.6\ (0.082 \times 1273) \rightarrow K_P = 167$$

الان نطبق الفرضية للخطوة الثالثة فقط



$$C_{(S)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

0.6   A

$$K_P = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO_2}} \Rightarrow 167 = \frac{P^2_{CO}}{0.6} \Rightarrow P^2_{CO} = 100 \text{ بالجذر} \Rightarrow P^2_{CO} = 10\ atm$$

س19 : للتفاعل المتزن الاتي $3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$ وجد ان ثابت الاتزان K_C يساوي 147.6 وبدلالة K_P يساوي 6 بدرجة حرارة 27°C جد قيمة a في المعادلة.

الحل : ان قيمة a يمكن ان نستخرجها من العلاقة

$$\Delta ng = \sum n_g (P) - \sum n_g (R) \rightarrow \Delta ng = a - 3$$

نحول درجة الحرارة الى (k)

$$Tk = tc^{\circ} + 273 \rightarrow Tk = 27 + 273 = 300\ k$$

نطبق قانون العلاقة بين K_P و K_C

$$K_C = K_P (RT)^{-\Delta ng} \rightarrow 147.6 = 6(0.082 \times 300)^{-(a-3)}$$

$$147.6 = 6(24.6)^{-a+3}$$

$$\frac{147.6}{6} = (24.6)^{-a+3}$$

$$24.6 = (24.6)^{-a+3} \rightarrow 1 = -a+3 \rightarrow a = 3-1 \rightarrow a = 2$$

س11 عند تسخين غاز NOCl النقي الى درجة 240°C في اناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة التالية $2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64 atm احسب :

1) الضغوط الجزيئية لكل من غازي Cl_2 و NO عند الاتزان

2) ثابت الاتزان K_c للتفاعل عند نفس درجة الحرارة .

الحل

1) نكتب الفرضية

	$2NOCl_{(g)}$	$2NO_{(g)}$	$+ Cl_2$
التراكيز الابتدائية	A	0	0
التغير في التراكيز	-2 x	+2 x	+ x
التراكيز عند الاتزان	A-2X	2X	X

2) تطبق قانون دالتون للضغوط الجزيئية الذي ينص على:

ان الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$$PT = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl2}$$
$$1 = 0.64 + 2X + X$$
$$1 = 0.64 + 3X$$
$$3X = 1 - 0.64 \Rightarrow 3X = 0.36 \Rightarrow X = \frac{0.36}{3} \Rightarrow X = 0.12\ atm \Rightarrow x = 0.12atm = P_{Cl_2}$$

ولاستخراج الضغوط الجزيئية لغازي NO و Cl_2

عند الاتزان نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة

$$P_{NO} = 2X = 2(0.12) = 0.24\ atm$$
$$P_{Cl2} = X = 0.12\ atm$$

2) في المطلب الثاني يريد قيمة K_C اذا يجب ان نستخرج K_p في البداية

$$K_P = \frac{P^2_{NO} \times P_{Cl2}}{P^2_{NOCl}} = \frac{(0.24)^2\,(0.12)}{(0.64)^2} = 0.0169$$

ولايجاد K_C نطبق القانون:

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

لكن ان Δng و T_k لا تتوفر اذا يجب ان نوفرهم

$$\Delta ng = \sum n_g\,(P) - \sum n_g\,(R)$$
$$\Delta ng = 3 - 2 = 1$$
$$Tk = tc^\circ + 273 = 240 + 273 = 513\ k$$

اصبح القانون جاهز

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$
$$K_C = 0.0169\,(0.082 \times 513)^{-1} \Rightarrow K_C = \frac{0.0169}{0.082 \times 513} = 4 \times 10^{-4}$$

س12 التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزيئية $P_{NO_2} = 1.56\ atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.377\ atm$ عند درجة حرارة $100°C$ احسب

1- K_p و K_c للتفاعل

2- ماذا يحدث للضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان بعد إضافة العامل المساعد ؟

الحل



$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
0.377	1.56

1- نكتب الفرضية الخطوة الثالثة فقط لأنه اعطى الضغوط في حالة الاتزان

نستخرج K_p

$$K_P = \frac{P^2NO_2}{PN_2O_4} = \frac{(1.56)^2}{(0.377)}$$

$$= 6.455 \cong 6.46$$

نستخرج قانون K_c من العلاقة

$$K_c = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

لكن قبلها يجب ان نوجد Δng و T_k

$$\Delta ng = \sum n_g(P) - \sum n_g(R)$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$Tk = tc° + 273$$

$$= 100 + 273 = 373\ k$$

نرجع للقانون حالاً

$$K_c = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_c = 6.46\,(0.082 \times 373)^{-1}$$

$$K_c = \frac{6.46}{0.082 \times 373} = 0.21$$





2- عند إضافة العامل المساعد فانه لا يؤثر على الضغوط الجزيئية بل يقلل من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان

س20 للتفاعل الاتي $NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$ بدرجة حرارة $727\,^{\circ}C$ وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO في الخليط يساوي 304 torr والضغط الكلي يساوي 1atm ما ثابت الاتزان Kc للتفاعل

الحل

في بداية الحل يجب ان نعرف ان وحدة الضغط المعتمدة هي atm وليس torr اذا يجب تحويل وحدة الضغط من torr الى atm بقسمته على 760

الضغط الجزئي لغاز CO عند الاتزان

$$P_{CO} = \frac{304}{760} = 0.4\ atm$$

نكتب الفرضية للخطوة الثالثة فقط لان الضغوط معطاة عند الاتزان مع مراعاة حذف المادة الصلبة



$NiO_{(s)}$ +	$CO_{(g)}$ ⇌	$Ni_{(s)}$ +	$CO_{2(g)}$
	0.4		A

بما ان لدينا الضغط الكلي PT اذا نطبق قانون دالتون للضغوط

$$PT = P_{CO} + P_{CO_2}$$
$$1 = 0.4 + A$$
$$A = 1 - 0.4$$
$$A = 0.6$$

نستخرج Kp

$$K_P = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

$$= \frac{(0.6)}{(0.4)} = 1.5$$

بما ان يتوفر لدينا Kp اذن سوف نستخرج K_C بسهولة من القانون

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

لكن يجب توفر Δng و Tk في البداية

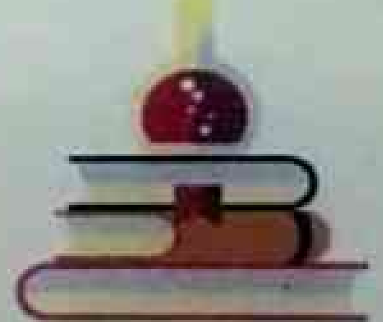
(نحذف مولات المادة الصلبة)

$$\Delta ng = \sum n_g\,(P) - \sum n_g\,(R)$$
$$\Delta ng = 1 - 1 = 0$$

بما ان قيمة $\Delta ng = 0$

اذن $K_P = K_C$

$$\therefore K_P = K_C = 1.5$$



س25 للتفاعل المتزن غير المتجانس $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$
بدرجة حرارة 800 °C وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان يساوي 0.235 atm
احسب K_C للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها

الحل

نكتب الفرضية للخطوة الثالثة فقط (حالة الاتزان) لان المعطيات هي عند الاتزان ولم يعطي ضغوط ابتدائية (مع مراعاة حذف المواد الصلبة)

$CaO_{(s)}$	$+ CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$
	0.235	

نستخرج K_P

$$K_P = \frac{1}{P_{CO_2}}$$

$$K_P = \frac{1}{1 \times 0.235} = 4.25$$

نستخرج K_C من قانون العلاقة

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

لكن يجب ان نوفر Δng و Tk

(نحذف مولات المادة الصلبة)

$$\Delta ng = \sum n_g(P) - \sum n_g(R)$$

$$\Delta ng = 0 - 1 = -1$$

$$Tk = t\ C + 273$$

$$Tk = 800 + 273$$

$$Tk = 1073\ k$$



اصبح قانون العلاقة جاهز

$$K_C = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$K_C = 4.25\,(0.082 \times 1073)^{-(-1)}$$

$$K_C = 4.25\,(0.082 \times 1073)^{+1}$$

$$K_C = 4.25\,(87.9)^1 = 374.8$$



س27 اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27°C وضغط 1 atm وفي اناء حجمه لتر واحد احسب قيمة K_p للتفاعل

الحل بما ان الحجم = 1 لتر فأن $n = M$

في هذا السؤال لم يعطي معادلة فمن خلال السؤال سوف نضع المعادلة الفرضية

	N_2O_4 ⟶	$2NO_2$
التراكيز الابتدائية	1	0
التغير في التراكيز	-x	+2x
التراكيز عند الاتزان	1-x	2x

انه لم يعطي المتفكك وانما اعطى درجة التفكك (نسبة مئوية) ولايجاد المتفكك نطبق القانون :

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل او المتفكك} = \frac{\text{المتحلل او المتفكك}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\text{المتفكك} = \frac{\text{النسبة المئوية}}{100} \times \text{التركيز الابتدائي}$$

$$\text{المتفكك} = \frac{20}{100} \times 1$$

$$\text{المتفكك} = X = 0.2\ M$$

اذا سوف تصبح التراكيز عند الاتزان كالاتي

$$[N_2O_4] = 1 - X = 1 - 0.2 = 0.8\ M$$
$$[NO_2] = 2X = 2(0.2) = 0.4\ M$$

نستخرج K_C من القانون

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = 0.2$$

ولايجاد K_P نطبق القانون

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta ng}$$
$$Tk = t\,°C + 273$$
$$Tk = 27 + 273$$
$$Tk = 300\ k$$
$$\Delta ng = \sum n_g(P) - \sum n_g(R)$$
$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$
$$K_P = K_C(RT)^{\Delta ng}$$
$$K_P = 0.2\,(0.082 \times 300)$$
$$K_P = 0.2 \times 24.6 \rightarrow K_P = 4.92$$

أهمية ثابت الاتزان

لمعرفة قيمة ثابت الاتزان أهمية كبيرة حيث يمكن لقيمته العددية:

أ- تحديد اتجاه التفاعل ب- بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة

اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان

اذا اخذنا المثال البسيط $B \longrightarrow A$

الحالة الأولى: اذا كانت قيمة $K_c = 100$ فهذا يعني

$$K_c = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow 100 = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow [B] = 100[A]$$

عندها نكتشف ان تركيز B المتكون اكبر بـ 100 مرة من تركيز A المتبقي وعليه فان موضع الاتزان يكون في اتجاه تكوين المادة B اي باتجاه النواتج

الحالة الثانية: اذا كانت قيمة $K_c = 0.01$ للتفاعل نفسه

$$K_c = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow 0.01 = \frac{[B]}{[A]} \Rightarrow [A] = 100[B]$$

هنا نجد ان تركيز [A] المتبقي اكبر بـ 100 مرة من تركيز [B] المتكون وعليه فان موضع الاتزان يكون في اتجاه المادة A اي باتجاه المواد المتفاعلة

من هذا المثال نستنتج أن:

1- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا دل ذلك على ان تركيز المواد الناتجة كبير جدا عند حالة الاتزان وهذا يعني ان التفاعل يسير في الاتجاه الامامي

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا دل ذلك على ان تركيز المواد الناتجة صغير جدا عند حالة الاتزان والتفاعل يسير في الاتجاه الخلفي

3- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان = 1 او ما يقارب الواحد الصحيح (1.1 او 0.99) فهذا يعني ان تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة تكاد تكون متساوية.

الخلاصة !!!!

النواتج ⟸⟹ **المتفاعلات**

ثابت الاتزان kc أكبر من 1

إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أكبر بكثير من الواحد ستكون النواتج أكبر بكثير من المتفاعلات عند حالة الاتزان حيث يكون الاتزان باتجاه اليمين أي نحو النواتج.

النواتج ⟸ **المتفاعلات**

ثابت الاتزان kc أصغر من 1

إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أصغر بكثير من الواحد ستكون المتفاعلات أكبر بكثير من النواتج عند حالة الاتزان حيث يكون الاتزان باتجاه اليسار أي نحو المتفاعلات.

مثال 10 من قيم ثوابت الاتزان K_C للتفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها



$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ $\quad K_C = 1 \times 10^{-95}$



$2SO_{2(g)} + O_2 \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ $\quad K_C = 8 \times 10^{+25}$



$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\quad K_C = 1.1$

الحل

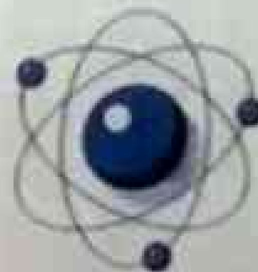
1- التفاعل الأول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا أي عند حالة الاتزان فأن كمية المواد الناتجة H_2 و F_2 ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية.

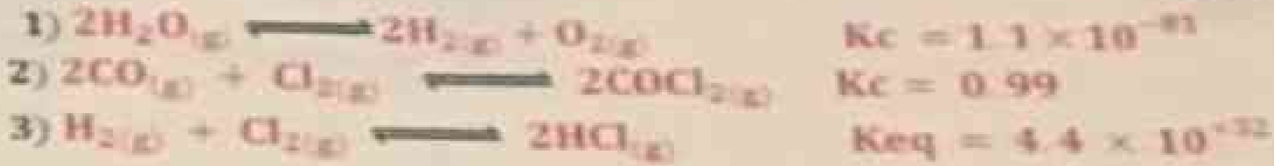
2- التفاعل الثاني قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا أي عند حالة الاتزان فأن كمية المادة الناتجة SO_3 قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال وان تركيز المواد المتفاعلة ضئيلة جدا SO_2 و O_2 والتي بقيت بدون تفاعل لذا فمن الناحية العملية نستطيع ان نقول ان هذا التفاعل يكاد يكون تاماً.

3- التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح لذا فعند حالة الاتزان تكون كمية المواد المتفاعلة (غازي H_2, N_2) وكمية المواد الناتجة (غاز NH_3) متقاربة في تراكيزها.









تمرين 9 من قيم ثوابت الاتزان لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها

1) $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ $\quad Kc = 1.1 \times 10^{-81}$

2) $2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{2(g)}$ $\quad Kc = 0.99$

3) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ $\quad Keq = 4.4 \times 10^{+32}$

الحل

1- التفاعل الأول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا أي عند حالة الاتزان فأن كمية المواد الناتجة H_2 و O_2 ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية

2- التفاعل الثاني قيمة ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح لذا فعند حالة الاتزان تكون كمية المواد المتفاعلة (غاز Cl_2 و CO) وكمية المواد الناتجة (غاز $COCl_2$) متقاربة في تراكيزها.

3- التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا أي عند حالة الاتزان فأن كمية المادة الناتجة HCl قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال وان تركيز المواد المتفاعلة ضئيلة جدا Cl_2 و H_2 والتي بقيت بدون تفاعل لذا فمن الناحية العملية نستطيع ان نقول ان هذا التفاعل يكاد يكون تاماً.







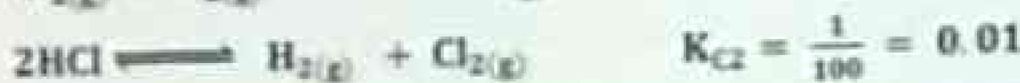
العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة

هناك اربعة قواعد اساسية من الضروري معرفتها لمعرفة علاقة ثابت الاتزان بالمعادلة

القاعدة الاولى / اذا قلبنا المعادلة فان ثابت الاتزان ينقلب ايضا $\frac{1}{Kc}$



$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \qquad K_{c1} = 100$



$2HCl \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \qquad K_{C2} = \frac{1}{100} = 0.01$

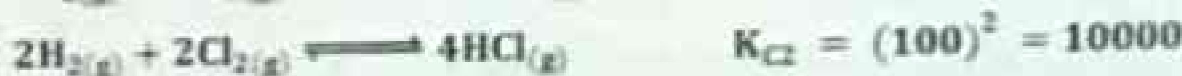
تذكير :

اذا قلبنا المعادلة فان قيمة Kc تنقلب $\frac{1}{Kc}$ (لا تنقلب الاشارة)

القاعدة الثانية / اذا ضربنا المعادلة برقم معين (n) فان ثابت الاتزان سوف يكون مرفوع لذلك الرقم $(K_C)^n$ (رفع اسي)



$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \qquad K_{C1} = 100$



$2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 4HCl_{(g)} \qquad K_{C2} = (100)^2 = 10000$

القاعدة الثالثة / عند قسمة المعادلة على رقم فان ثابت الاتزان يجذر لذلك الرقم



$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(2)} \qquad K_{C1} = 100$



$\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} Cl_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} \qquad K_{C2} = \sqrt{100} = 10$

القاعدة الرابعة / إذا كان التفاعل ناتجاً من مجموع عدد من التفاعلات فان ثابت الاتزان للتفاعل يكون حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي نتج منها مثلاً :



$C_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad K_{C1} = 10$



$CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_{C2} = 20$

بالجمع

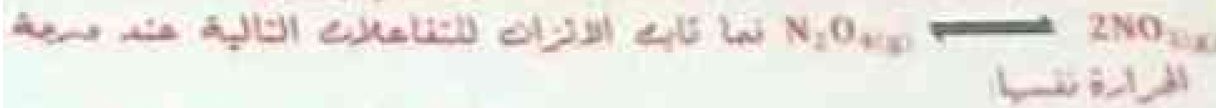


$C_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_{C3} = K_{C1} \times K_{C2}$

$K_{C3} = 10 \times 20$

$K_{C3} = 200$

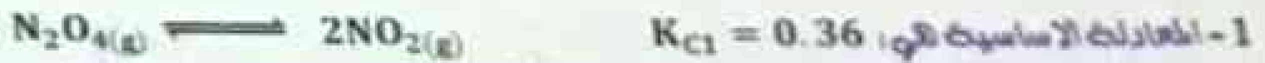
مثال 11

اذا كان ثابت الاتزان عند ($100\ C^\circ$) للتفاعل التالي يساوي 0.36

$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية عند درجة الحرارة نفسها

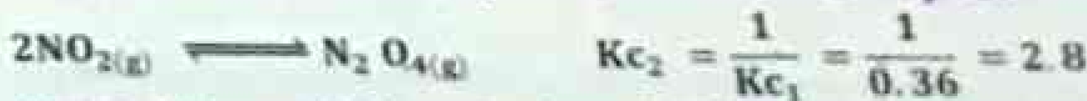

1) $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$


2) $\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)}$

الحل

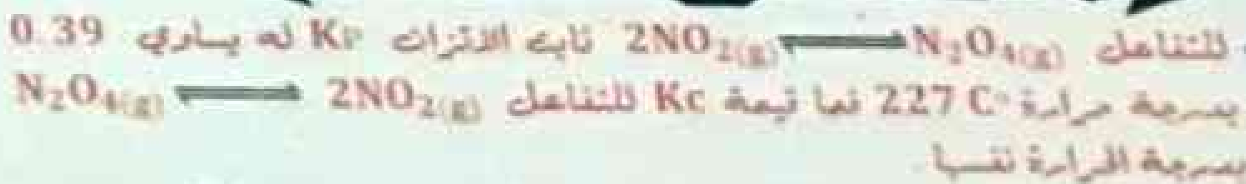

1- المعادلة الاساسية هي: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \qquad K_{C1} = 0.36$

نلاحظ المعادلة الاولى هي عكس المعادلة الاساسية اذاً سوف نقلب Kc حسب القاعدة الاولى.


$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)} \qquad Kc_2 = \frac{1}{Kc_1} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

2- نلاحظ المعادلة الثانية قسمت على (2) اذاً سوف نجذر قيمة (Kc) حسب القاعدة الثالثة.


$$\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)} \qquad Kc_3 = \sqrt{Kc_1} = \sqrt{0.36} = 0.6$$


تمرين 10

للتفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ ثابت الاتزان KP له يساوي 0.39 بدرجة حرارة $227\ C^\circ$ فما قيمة Kc للتفاعل $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ بدرجة الحرارة نفسها

الحل


نقوم باستخراج Kc للتفاعل الاول $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$

من قانون العلاقة

$$Kc = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta ng = \sum ng(P) - \sum ng(R)$$

$$\Delta ng = 1 - 2 = -1$$

$$TK = tc^\circ + 273$$

$$TK = 227 + 273$$

$$TK = 500\ K$$

$$Kc = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$Kc = 0.39\,(0.082 \times 500)^{-(-1)}$$

$$Kc = 0.39\,(0.082 \times 500)^{1}$$

$$Kc = 0.39 \times 41$$

$$Kc = 15.9 \approx 16$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية عكس المعادلة الاصلية

اذاً سوف نقلب قيمة Kc حسب القاعدة الاولى


$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

$$Kc2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{16}$$

$$= 0.0625$$

تمرين 11

للتفاعل الغازي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ بدرجة حرارة معينة وجدت ان خليط الاتزان يحتوي على $0.02\ M$ من NH_3 و $0.1\ M$ من N_2 وكذلك من H_2 ما ثابت الاتزان Kc للتفاعل



$$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$$

الحل

في البداية نستخرج Kc للتفاعل الاول

نطبق الفرضية للخطوة الثالثة فقط (حالة الاتزان)

$3H_{2(g)}$	$+ N_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$
0.1	0.1	0.02

نستخرج Kc مباشرة لان

$$Kc_1 = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$$

$$= \frac{(0.02)^2}{(0.1)^3(0.1)}$$

التراكيز في حالة اتزان

$$Kc_1 = \frac{(0.0004)}{(0.001)(0.1)}$$

$$= \frac{0.0004}{0.0001} = 4$$

لاحظ معي ان المعادلة الثانية قد قلبت وقسمت على (2)

اذاً سوف نقلب ونجذر قيمة Kc حسب القاعدة الاولى والثالثة

$$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$$

$$Kc_2 = \frac{1}{\sqrt{Kc_1}} = \frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2} = 0.5$$







س14) يتزن التفاعل الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ وقيمة ثابت الاتزان Kc تساوي 1.96 عند درجة 477C احسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية وبنفس درجة الحرارة

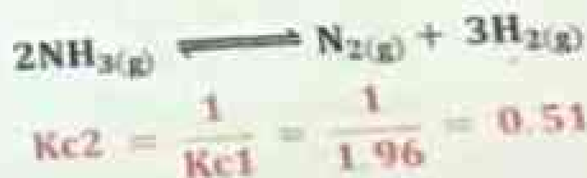
1) $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

2) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

3) $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$

الحل

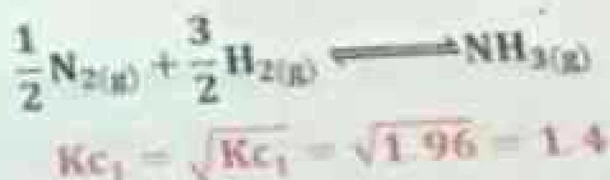
1) نلاحظ ان المعادلة الاولى هي مقلوب المعادلة الاصلية ، اذن سوف نقلب قيمة Kc حسب القاعدة الاولى.



$$2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

$$Kc2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{1.96} = 0.51$$

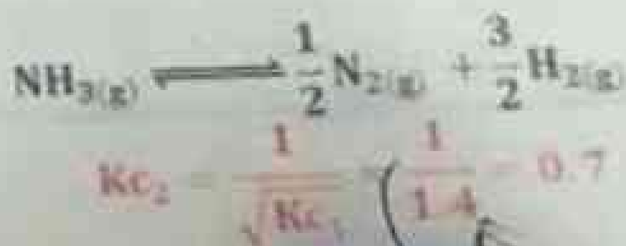
2) نلاحظ ان المعادلة الثانية قد قسمت على (2) ، اذن سوف نجذر قيمة Kc حسب القاعدة الثالثة.



$$\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$$

$$Kc_1 = \sqrt{Kc_1} = \sqrt{1.96} = 1.4$$

3) نلاحظ ان المعادلة الثالثة قد قلبت وقسمت على (2) ، اذن سوف نقلب ونجذر قيمة Kc حسب القاعدة الاولى الثالثة.

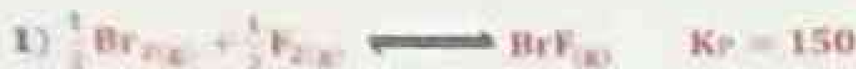


$$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$$

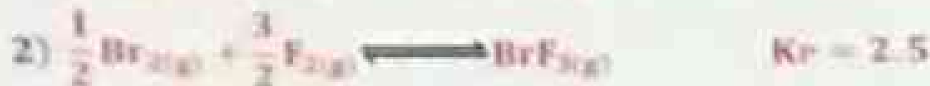
$$Kc_2 = \frac{1}{\sqrt{Kc_1}} = \frac{1}{1.4} = 0.7$$



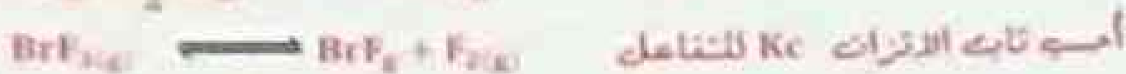
تمرين 13 وجد أن ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة 2000 K لكل من التفاعلات الآتية هي



1) $\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}$ $\quad K_P = 150$



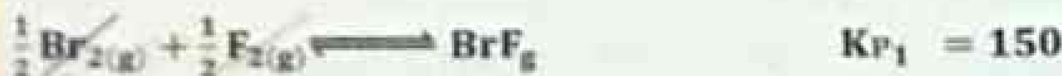
2) $\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)}$ $\quad K_P = 2.5$



أحسب ثابت الاتزان Kc للتفاعل $BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{g} + F_{2(g)}$

الحل

هذا السؤال يحل حسب القاعدة الرابعة (تكبير تروح تطلع عليه) ، لكي نحصل على المعادلة المطلوبة (الفرق) تبقى المعادلة الاولى كما هي وتقلب المعادلة الثانية مع مراعاة قلب قيمة Kp للمعادلة الثانية حسب الخطوة الاولى



$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{g}$ $\quad K_{P_1} = 150$



$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)}$ $\quad K_{P_2} = \frac{1}{2.5} = 0.4$



$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{g} + F_{2(g)}$

$$K_{P_3} = K_{P_1} \times K_{P_2}$$

$$K_{P_3} = 150 \times 0.4 = 60$$

المطلوب بالسؤال هو Kc وليس Kp اذاً سوف نستخدم قانون العلاقة بين Kc و Kp للحصول على Kc

$$\Delta ng = \sum ng(P) - \sum ng(R)$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$Kc = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$Kc = 60\,(0.082 \times 2000)^{-1}$$

$$Kc = \frac{60}{0.082 \times 2000}$$

$$= \frac{60}{164}$$

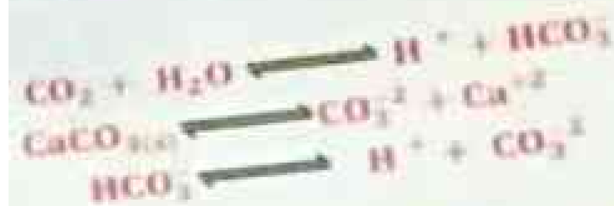
$$= 0.365 \cong 0.366$$

س15) ثابت الاتزان $Kc = 4.2 \times 10^{-7}$ للتفاعل الاتزان

و $Kc = 4.7 \times 10^{-9}$ للتفاعل

و $Kc = 4.8 \times 10^{-11}$ للتفاعل

فما قيمة ثابت الاتزان Kc للتفاعل



$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$

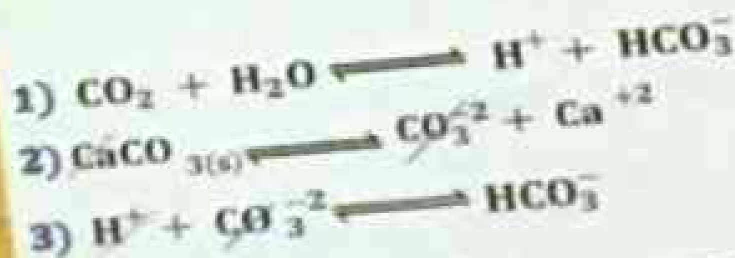
$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-2}$



$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

الحل

للحصول على المعادلة المطلوبة: المعادلة الأولى تبقى كما هي،
المعادلة الثانية تبقى كما هي والمعادلة الثالثة تقلب فقط
مع مراعاة قلب قيمة Kc للمعادلة الثالثة حسب القاعدة الأولى



1) $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

2) $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$

3) $H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^-$

$Kc_1 \; 4.2 \times 10^{-7}$

$Kc_2 = 4.7 \times 10^{-9}$

$Kc_3 = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}} = 2 \times 10^{+10}$

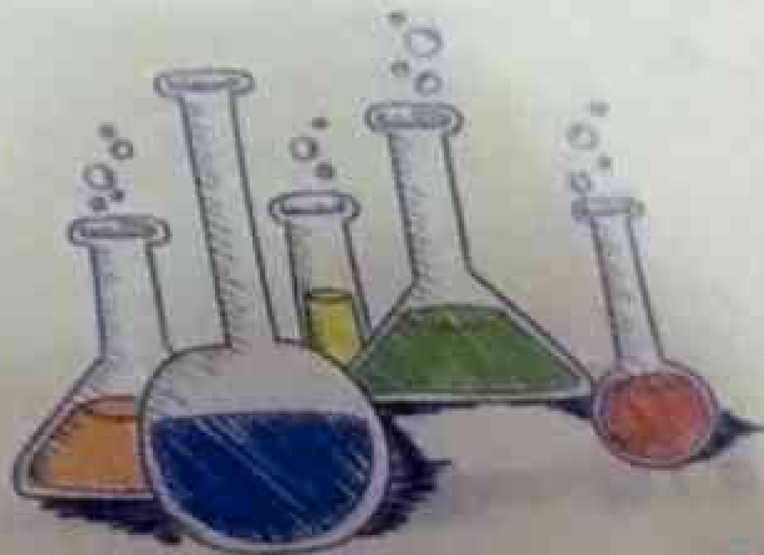


$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

$$Kc = Kc_1 \times Kc_2 \times Kc_3$$

$$Kc = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{+10}$$

$$Kc = 4.1 \times 10^{-5}$$



س29 وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية Kp بدرجة حرارة 1000 K للتفاعل



$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad Kp = 2.9 \times 10^{+10}$



$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad Kp = 5 \times 10^{+20}$

احسب ثابت الاتزان بدلالة Kc للتفاعل التالي



$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

الحل

للحصول على المعادلة المطلوبة (الهدف)

المعادلة الاولى تقلب وتضرب × (2) فقط (مع مراعاة Kp يقلب ويرفع اس حسب القاعدة الاولى والثانية)

المعادلة الثانية تضرب × (2) فقط (مع مراعاة Kp يرفع للاس (2) حسب القاعدة الثانية).



$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(s)} + O_{2(g)} \qquad Kp_1 = \frac{1}{(Kp)^2} = \frac{1}{(2.9 \times 10^{+10})^2} = \frac{1}{8.41 \times 10^{+20}}$



$2C_{s} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \qquad Kp_2 = (kp)^2 = (5 \times 10^{+20})^2 = 25 \times 10^{+40}$

بالجمع



$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

$$Kp_3 = Kp_1 \times Kp_2$$

$$= \left(\frac{1}{8.41 \times 10^{+20}}\right)(25 \times 10^{+40})$$

$$Kp_3 = 2.97 \times 10^{+20}$$

ان Kc هو المطلوب وليس Kp

اذن سوف نستخدم العلاقة بين Kc و Kp لاستخراج Kc

$$\Delta ng = \sum ng(P) - \sum ng(R)$$

$$\Delta ng = 2 - 3 = -1$$

$$Kc = Kp\,(RT)^{-\Delta ng}$$

$$Kc = 2.97 \times 10^{+20}(0.082 \times 1000)^{-(-1)}$$

$$Kc = 2.97 \times 10^{+20}\ (0.082 \times 1000)^{+1}$$

$$Kc = 2.97 \times 10^{+20}\ (82)$$

$$Kc = 243.5 \times 10^{+20}$$

$$= 2.435 \times 10^{+22}$$

تمرين 12

وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبدرجة حرارة معينة ووصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان لوحظ ان المتكون من غاز البروم يساوي 0.2 mol حسب التفاعل الاتي



$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

احسب عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان الناتج اذا مزج في اناء حجمه 1 L الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2 mol لكل منها

الحل

بما ان الحجم = لتر واحد اذن (عدد المولات = التركيز المولاري)

نكتب الفرضية للتفاعل الاول

$2HBr$ ⇌	H_2 +	Br_2
1	0	0
-2x	+x	+x
1-2x	x	x

ذكر السؤال ان المتكون من غاز البروم يساوي 0.2 اذا $X = 0.2\ M$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة للحصول على التراكيز في حالة الاتزان

$$[HBr] = 1 - 2X = 1 - 2(0.2) = 1 - 0.4 = 0.6\ M$$

$$[H_2] = [Br_2] = X = 0.2\ M$$

نستخرج Kc

$$Kc = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{[0.2]^2}{[0.6]^2} = \frac{0.04}{0.36} = \frac{4}{36} = \frac{1}{9}$$

المطلوب هو عدد مولات HBr لتفاعل آخر متكون من غازي البروم والهيدروجين بكمية 0.2 mole لكل منهما ، اذاً سوف نكتب معادلة تكوين غاز HBr ونكتب الفرضية

H_2 +	Br_2 ⇌	$2HBr$
2	2	0
−X	−X	+2X
2 − X	2 − X	2X

ولحساب عدد مولات غاز HBr عند الاتزان لهذا التفاعل نحتاج الى قيمة Kc

وبما ان هذه المعادلة هي مقلوب المعادلة السابقة ، اذاً سوف نقلب قيمة Kc

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc_1} = \frac{1}{\frac{1}{9}} = 9 \quad \rightarrow \quad Kc = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

بالجذر للطرفين

$$9 = \frac{(2X)^2}{(2-X)^2}$$

طرفين × وسطين

$$3 = \frac{2X}{2-X} \rightarrow 3(2-X) = 2X$$

$$6 - 3X = 2X \Rightarrow 2X + 3X = 6 \Rightarrow 5X = 6 \Rightarrow X = \frac{6}{5} = 1.2M$$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان) لإيجاد تركيز HBr عند الاتزان

$$[HBr] = 2X = 2(1.2) = 2.4\ M$$

حاصل التفاعل Q

حاصل التفاعل: ويعني حاصل القسمة وهي قيمة افتراضية لثابت الاتزان وتحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصوله الى حالة الاتزان ويعبر عنها بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن Kc والفرق بينهما هو ان التراكيز المستخدمة ليست بالضرورة القيم عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان.

ان العلاقة بين Kc و Q يمكن من خلالها التنبؤ بحالة الاتزان واتجاه سير التفاعل وحسب الاتي

أذا كانت $Kc > Q$ فالتفاعل ليس في حالة اتزان حيث يكون أتجاه التفاعل من اليسار الى اليمين أي باتجاه النواتج.

تكون تراكيز النواتج أقل من تراكيزها عند حالة الاتزان

أذا كانت $Q > Kc$ فالتفاعل ليس في حالة أتزان، حيث يكون اتجاه التفاعل من اليمين الى اليسار أي باتجاه المتفاعلات.

تكون تراكيز النواتج أعلى من تراكيزها عند الاتزان

اذا كانت $Q = Kc$ فأن النظام في حالة اتزان وتراكيز النواتج والمتفاعلات ثابتة (تراكيز اتزان).

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى المسائل (حاصل التفاعل) Q

عندما يعطي تراكيز ابتدائية للمواد المتفاعلة والناتجة هذا يعني أن السؤال يخص حاصل التفاعل Q ويجب معرفة أتجاه التفاعل قبل كتابة الفرضية.

حيث يمكن معرفة أتجاه التفاعل بعدة طرق:

أولاً: من خلال المقارنة بين $(Q \text{ و } K_C)$ وكما يلي:

حيث ان:

$K_C > Q$ التفاعل امامي →

$Q > K_C$ التفاعل خلفي ←

$K_C = Q$ التفاعل في حالة أتزان

قصة قصيرة عن K_C و Q (الحرامي وصاحب البيت)

تخيل: ان هذا التفاعل هو بيت (وتراكيزه الابتدائية هي 5 مولاري) $A + B \rightleftharpoons 2C$

رجال جبير خوش زلمة اسمة K_C واكو فد حرامي مو خوش ادمي أسمة Q (حاصل التفاعل).

تعال وياية خل نفرض هاي الفرضيات وصاحب البيت

1) اذا كان صاحب البيت K_C اقوى من الحرامي يعني اكبر من الحرامي Q يعني $(K_C > Q)$ يعني التفاعل امامي وراح تكون الفرضية صحيح:

A +	B ⇌	2C
5	5	5
−X	−X	+2X
5 − X	5 − X	5 + 2X

2) اذا كان الحرامي Q اقوى يعني (اكبر) من صاحب البيت K_C يعني $(Q > K_C)$ يعني التفاعل خلفي وراح تكون الفرضية صحيح:

$$A + B \rightleftharpoons 2C$$

A +	B ⇌	2C
5	5	5
+X	−X	−2X
5 + X	5 − X	5 − 2X

3) اذا كان صاحب البيت K_C والحرامي متساوين بالقوة (يعني متساوين بالقيمة) $(K_C = Q)$ اذا التفاعل في حالة اتزان وراح تكون الفرضية صحيح:

A +	B ⇌	2 C
5	5	5

اذا كان الحرامي موجود اشسد Q (حاصل التفاعل) معتودو يمكن معرفة أتجاه التفاعل من خلال :

ثانيا : أن المادة التي يكون تركيزها الابتدائي يساوي صفر(0) سوف يكون التفاعل باتجاهها .

ثالثا : يمكن معرفة اتجاه التفاعل من خلال التراكيز.

رابعا : يمكن معرفة اتجاه التفاعل من خلال قاعدة لو شاتليه وسنذكرها لاحقا

ثالثاً: يمكن معرفة اتجاه التفاعل من خلال التراكيز حيث ان:

أ) لنفرض التفاعل التالي $C \rightleftharpoons A + B$ اذا كان التركيز الابتدائي للمادة A يساوي 4 وعند الاتزان اصبح 6 (أي ازداد التركيز) هذا يعني ان اتجاه التفاعل باتجاه المادة A (خلفي)

A	+ B ⇌	C
4		
6		

اما إذا أصبح التركيز للمادة A عند الاتزان يساوي 2 (أي قل التركيز هذا يعني ان اتجاه التفاعل امامي (عكس اتجاه المادة A)

A	+ B ⇌	C
4		
2		

تطبق نفس الاحتمالات بالنسبة للمادة B

ب) لنفرض نفس التفاعل $C \rightleftharpoons A + B$ حيث اذا كان التركيز الابتدائي للمادة C يساوي 4 وعند الاتزان اصبح 6 (أي ازداد التركيز) هذا يعني ان اتجاه التفاعل سوف يكون باتجاه المادة C (امامي)

A + B ⇌	C
	4
	6

اما إذا اصبح التركيز للمادة C عند الاتزان يساوي 2 (أي قل التركيز) هذا يعني ان اتجاه التفاعل عكس اتجاه المادة C (خلفي)

A + B ⇌	C
	4
	2

الخلاصة ↓↓↓↓

إذا كانت مادة تركيزها النهائي اكبر من تركيزها الابتدائي يعني ان اتجاه التفاعل باتجاه تلك المادة.

إذا كانت مادة تركيزها النهائي اقل من تركيزها الابتدائي يعني ان اتجاه التفاعل عكس اتجاه تلك المادة.

و بصورة اخرى إذا ذكر بالسؤال:

ازداد تركيز المادة بمقدار يعني ان اتجاه التفاعل باتجاه تلك المادة

قل تركيز مادة بمقدار يعني ان اتجاه التفاعل عكس اتجاه تلك المادة

مخطط بسيط يوضح الفرق بين الاتجاه الامامي والاتجاه الخلفي

لاحظ إشارات الخطوة الثانية

الاتجاه الامامي

A	+ B ⇌	C
5	5	5
−X	−X	+X
5 − X	5 − X	5 + X

الاتجاه الخلفي

A	+ B ⇌	C
5	5	5
+X	+X	−X
5 + X	5 + X	5 − X

بالاتجاه الامامي تكون الخطوة الثانية (X + للنواتج و X − للمتفاعلات)

بالاتجاه الخلفي تكون الخطوة الثانية (X − للنواتج و X + للمتفاعلات)



س17 ثابت الاتزان (K_c) يساوي 19.9 بدرجة حرارة 2500K للتفاعل الاتزان $Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$ ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط

$[Cl_2] = 0.2M$ $[F_2] = 1M$ $[ClF] = 1.2M$

الحل

طريقة ماذا يحدث لحالة الاتزان (اتجاه التفاعل)

يجب ان نستخرج قيمة (حاصل التفاعل Q) ونقارن مع K_C



$$Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$$

0.2 1 1.2

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl_2][F_2]}$$

$$= \frac{(1.2)^2}{(0.2)(1)}$$

$$= \frac{14.4}{2}$$

$$= 7.2$$

نلاحظ ان $K_C > Q$

إذا التفاعل يزاح بالاتجاه الامامي

مثال 12

ثابت الاتزان للتفاعل $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ عند $500C^\circ$ هو 0.06 ادرس الحالات التالية وقدر اتجاه سير التفاعل (علما بأن جميع التراكيز معبرا عنها بوحدة (mole/L)

التسلسل	$[NH_3]$	$[N_2]$	$[H_2]$
1	0.001	0.00001	0.002
2	0.0002	0.000015	0.354
3	0.0001	5.00	0.01

الحل

لكي نعرف اتجاه سير التفاعل يجب ان نستخرج قيمة Q ونقارنها مع K_C

$$1)\quad Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\ [N_2]^1} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3(0.00001)} = 12.5 \times 10^{+5}$$

نلاحظ ان قيمة Q اكبر من قيمة K_C وهذا يعني ان التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي

أي نحو اليسار (نحو المتفاعلات) حتى يصل الى حالة اتزان جديدة

$$2)\quad Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\ [N_2]^1} = \frac{(0.0002)^2}{(0.354)^3(0.000015)} = 0.06$$

هنا قيمة (حاصل التفاعل) Q تساوي قيمة K_C

إذا التفاعل في حالة اتزان والتراكيز في حالة اتزان

$$3)\quad Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\ [N_2]^1} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3(5)} = 0.002$$

هنا قيمة (حاصل التفاعل Q) أصغر من قيمة K_C

وهذا يعني ان النظام ينزاح بالاتجاه الامامي نحو اليمين (باتجاه النواتج) الى ان يصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

تمرين 14 للتفاعل الغازي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ ثابت الاتزان K_c له يساوي 9.0

1) هل ان مزيج مكون من 2.0 mole من كل من الغازات NH_3 ، H_2 ، N_2 في وعاء مغلق حجمه 1.0 L يمثل حالة اتزان ولماذا .

2) لو افترضنا ان مزيج غير متزن ما حجم الاناء الذي يجعله متزن

الحل

بما ان الحجم 1 L اذا $n = M$

1) في المطلب الاول يريد منا هل ان المزيج متزن ام لا ولمعرفة هذا يجب ان نستخرج (حاصل التفاعل) Q ومقارنتها مع قيمة K_C

$$3H_{3(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\,[N_2]} = \frac{(2)^2}{(2)^3\,(2)} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4} = 0.25$$

لاحظ معي ان $K_C \neq Q$ اذا المزيج ليس في حالة اتزان ويكون التفاعل باتجاه الامام لأن $K_C > Q$

2) لاستخراج الحجم (V) نطبق علاقة ثابت الاتزان K_C

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\,[N_2]^1} \Rightarrow 9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3\left(\frac{2}{V}\right)^1}$$

$$9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^4}$$

$$9 = \frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2}$$

$$9 = \frac{1}{\frac{4}{V^2}}$$

$$9 = \frac{V^2}{4}$$

$$V^2 = 36$$ بالجذر

$$V = 6L$$ حجم الاناء اللازم لجعله متزن



س16 في التفاعل الافتراضي الغازي $2A + B \rightleftharpoons 3C$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 3 mole من B مع مولات مختلفة من A, C وعند وصول التفاعل حالة الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على 6 mole من C وكذلك 6 mole من A ما عدد مولات كل من A, C قبل بدأ التفاعل علماً بأن K_c للتفاعل = 1.5

الحل

بما ان $V = 1L$ اذا $n = M$

- بما انه تم وضع تركيز ابتدائية لكل من المتفاعلات و النواتج اذا يجب ان نعرف اتجاه التفاعل قبل كتابة الفرضية
- بما انه لم تتوفر Q إذا سوف نلجأ للتراكيز لمعرفة اتجاه التفاعل
- بما انه يتوفر تركيز (B) الابتدائي إذا سوف نستخرج تركيز (B) النهائي من خلال علاقة K_c ونعرف اتجاه سير التفاعل

$$K_c = \frac{[C]^3}{[A]^2\,[B]}$$

$$1.5 = \frac{(6)^3}{(6)^2\,[B]} \Rightarrow [B] = \frac{(6)^3}{(1.5)(6)^2}$$

$$[B] = \frac{(6)^3}{15} = 4\ M$$

نلاحظ ان عدد مولات B قد زادت لانها كانت قبل الاتزان (3) واصبحت عند الاتزان (4) اذا سوف يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي (باتجاه المادة B) اذا ستكون الفرضية كالاتي

$2A$ +	$B \rightleftharpoons$	$3C$
Y	3	Z
+2X	+X	−3X
Y + 2X	3 + X	Z − 3X

بما ان تركيز B عند الاتزان = 4 إذا

$$3 + X = 4$$
$$X = 4 - 3$$
$$X = 1$$

بما ان يتوفر لدينا تركيز C و A عند الاتزان إذا سوف يكون كالاتي

$$Z - 3X = 6$$
$$Z - 3(1) = 6 \Rightarrow Z - 3 = 6$$

$Z = 6 + 3 \Rightarrow Z = 9\ M$ = [C] قبل بدأ التفاعل

$$Y + 2X = 6$$
$$Y + 2(1) = 6 \Rightarrow Y + 2 = 6$$

$Y = 6 - 2 \Rightarrow Y = 4\ M$ [A] قبل بدأ التفاعل

س30 وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكونت غاز CO_2 و H_2 بدرجة حرارة 700K ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة الاتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علما بأن ثابت الاتزان K_c لهذا التفاعل يساوي 5.29

الحل

- بما ان الحجم واحد لتر إذا (عدد المولات = التركيز المولاري)
- بما انه تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج اذا لا يمكن ان نكتب الفرضية لأننا لا نعرف اتجاه التفاعل ..... اذا يجب ان نستخرج Q ونقارنه مع K_C لمعرفة اتجاه التفاعل



$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

التراكيز الابتدائية 1 1 1 1

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{(1)(1)}{(1)(1)} = 1$$

نلاحظ ان $K_C > Q$ اذا اتجاه التفاعل امامي اي بالنواتج $+X$ وبالمتفاعلات $-X$

نكتب الفرضية

$CO_{(g)}$ +	$H_2O_{(g)}$ ⇌	$CO_{2(g)}$	+ $H_{2(g)}$
1	1	1	1
$-X$	$-X$	$+X$	$+X$
$1-X$	$1-X$	$1+X$	$1+X$

نطبق K_C

$$K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$5.29 = \frac{[1+X]^2}{[1-X]^2}$$ بالجذر

$$2.3 = \frac{1+X}{1-X}$$ وسطين × طرفين

$$2.3(1-X) = 1+X$$

$$2.3 - 2.3X = 1 + X$$

$$2.3X + X = 2.3 - 1 \Rightarrow 3.3X = 1.3$$

$$X = \frac{3}{3.3} \Rightarrow X = 0.4M$$

نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان) لمعرفة التراكيز عند الاتزان

$$[CO] = [H_2O] = 1 - X = 1 - 0.4 = 0.6M$$

$$[CO_2] = [H_2] = 1 + X = 1 + 0.4 = 1.4M$$

تمرين 15

في اناء حجمه 2L سخن 1.4 mole من مزيج من الغازات HBr و H_2 و Br_2 الى درجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل الى حالة الاتزان
$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$ فاذا علمت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr من غازي H_2 و Br_2 بدلالة الضغوط الجزيئية Kp يساوي 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان

الحل

حاول ان تقرأ السؤال اكثر من مرة سوف تجد أمامك (اناء اول) و (اناء ثاني) والمطلوب ايجاد التراكيز للمواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان للإناء الاول. إذا ما فائدة الاناء الثاني؟

الاناء الثاني يحتوي على Kp اذا سوف نستخرج من خلاله Kc ونتقل للاناء الاول ونكمل الحل

الاناء الثاني هو تكوين مول واحد من غاز 1HBr من غازي Br_2 و H_2 اذا سوف تصبح المعادلة بالشكل التالي



$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons 1HBr_{(g)}$$

بما اننا لدينا $(K_P = 0.25)$ لهذا الاناء الثاني اذا سوف نستخرج Kc وننتقل للاناء الاول

$$K_c = K_P(RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta ng = \sum ng(P) - \sum ng(R)$$

$$\Delta ng = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)$$

$$\Delta ng = 1 - 1 \Rightarrow \Delta ng = 0$$

بما ان $(\Delta ng = 0)$ اذا $K_P = K_c$ وعليه $K_c = 0.25$

نلاحظ ان الاناء الاول نفس الاناء الثاني لكن مضروب ب 2

اذا يجب ان نرفع قيمة Kc للأس 2 (حسب القاعدة الثانية)

$$Kc_2 = (Kc_1)^2 \Rightarrow Kc_2 = (0.25)^2 \Rightarrow Kc_2 = 0.0625$$

الان أصبح الاناء الاول يحتوي على تراكيز ابتدائية و $K_c = 0.0625$

بما ان وضع تراكيز ابتدائية للمتفاعلات والنواتج اذا لا يمكننا كتابة الفرضية لأننا لا نعرف اتجاه التفاعل اذا سوف نستخرج Q ونقارنه مع Kc لمعرفة الاتجاه و نحول اعداد المولات الى تراكيز مولارية

$$M = \frac{n_{(mol)}}{V_{(L)}} = \frac{1.4}{2} = 0.7\ M \Rightarrow [H_2] = [Br_2] = [HBr] = 0.7\ M$$

نستخرج حاصل التفاعل Q



$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

0.7	0.7	0.7

$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{(0.7)^2}{(0.7)^2} = 1$$

يتبع تكملة السؤال

نلاحظ ان $Q > Kc$ حاصل التفاعل اكبر من ثابت الاتزان اذا اتجاه التفاعل خلفي

اي ان ($+X$ بالمتفاعلات و $-X$ بالنواتج)

نكتب الفرضية كالتالي:

$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$		
0.7	0.7	0.7
+X	+X	−2X
0.7 + X	0.7 + X	0.7 − 2X



$$Kc = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

بالجذر للطرفين

$$0.0625 = \frac{[0.7 - 2X]^2}{[0.7 + X]^2}$$

وسطين × طرفين

$$0.25 = \frac{0.7 - 2X}{0.7 + X}$$

$$0.25\,(0.7 + X) = 0.7 - 2X$$

$$0.175 + 0.25X = 0.7 - 2X$$

$$0.25X + 2X = 0.7 - 0.175$$

$$2.25X = 0.525$$

$$X = \frac{0.525}{2.25}$$

$$X = 0.233M$$



نعوض قيمة X في الخطوة الثالثة (حالة الاتزان)

$[H_2] = [Br_2]$
$= 0.7 + X \rightarrow = 0.7 + 0.233$
$= 0.933M$

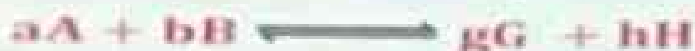
$n_{(mol)} = M \times V_{(L)} \rightarrow n_{(mol)} = 0.933 \times 2 = 1.866\ mol$

$[HBr] = 0.7 - 2X = 0.7 - 2(0.233)$
$= 0.7 - 0.466$
$= 0.234\ M$

$n_{(mol)} = M \times V_{(L)} \rightarrow n_{(mol)} = 0.234 \times 2 = 0.468\ mol$

العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وقيمة حاصل التفاعل Q

لنفرض التفاعل الاتي:



$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

حيث ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية ΔG بالطاقة الحرة القياسية ΔG° لهذا التفاعل بالقانون الاتي

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ \frac{[G]^g\ [H]^h}{[A]^a\ [B]^b}$$

أي ان

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ Q$$

وعند الاتزان

$$Q = K_p = K_c = K_{Keq}\ ,\ \Delta G = 0$$

وعند التعويض بالمعادلة أعلاه:

$$0 = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ Keq$$

حيث تصبح المعادلة النهائية بالشكل الاتي:

$$\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ K_{eq}$$

او

$$\Delta G^\circ = -RT\ \log\ K_{eq} \times 2.303$$

ملاحظة: ΔG في هذه العلاقة تكون بوحدة J/mol



ملاحظات هامة :

1) ان وحدة ΔG° في القوانين أعلاه يجب ان تكون بـ J/mol وأذا كانت بوحدة KJ/mol تضرب بـ 1000 لتحويلها الى J/mol

2) ΔG مقدار التغير في طاقة كبس الحرة غير القياسية.

3) ΔG° مقدار التغير في طاقة كبس الحرة القياسية.

4) R الثابت العام للغازات وقيمته (حفظ) $R = 8.314\ J/K.mol$

5) يمكن تحويل Ln الى log وذلك (بدون ضريبة) وهي أن نضرب الناتج بـ (2.303) كما في القاعدة التالية

$$Ln\ A = \log A \times 2.303$$

6) عند الاتزان $\Delta G = 0$ و $K_p = K_c = K_{eq} = Q$

7) اذا كانت

$K_{eq} > 1$ فأن $\Delta G = -$ يكون التفاعل تلقائي

$K_{eq} < 1$ فأن $\Delta G = +$ يكون التفاعل غير تلقائي

$K_{eq} = 1$ فأن التفاعل في حالة أتزان

8) (سندرس هذه الملاحظة في الفصل الثالث) أن Keq الموجود في هذه العلاقة $\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ Keq$ كما في الشكل يمثل:

9) $\Delta G^\circ = \Delta G$ عندما تكون قيمة $Q = 1$ لأن $\ln 1 = 0$.

K_b
ثابت تفكك القاعدة الضعيفة

K_a
ثابت تفكك الحامض الضعيف

K_{sp}
ثابت حاصل الذوبان

K_w
ثابت تفكك الماء

K_{eq} الموجود في العلاقة
$\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ Keq$ يمثل

س33 وضح الفرق بين ΔG و ΔG° واكتب العلاقة بينهما ومتى تكون قيمة ΔG تساوي ΔG° أثبت ذلك حسابيا.

الحل

ΔG التغير في طاقة كبس الحرة غير القياسية

ΔG° التغير في طاقة كبس الحرة القياسية

العلاقة التي تربط بينهما هي:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ Q$$

وتكون $\Delta G = \Delta G^\circ$ عندما تكون قيمة حاصل التفاعل يساوي صفر $(Q = 0)$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ Q$$
$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ 1$$
$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \times 0$$
$$\Delta G = \Delta G^\circ + 0$$
$$\therefore\ \Delta G = \Delta G^\circ$$



س34 اذا علمت أن ثابت التأين الذاتي للماء K_w عند درجة حرارة $25\ C^\circ$ وضغط 1 atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة ΔG° للتأين

$$H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الحل

نحول درجة الحرارة الى الكلفن (K)

$$Tk = tc^\circ + 273$$
$$Tk = 25 + 273$$
$$Tk = 298\ K$$

تطبيق القانون

$$\Delta G^\circ = -RT\ \log K_{eq} \times 2.303$$
$$\Delta G^\circ = -8.314 \times 298 \times \log 1 \times 10^{-14} \times 2.303$$
$$\Delta G^\circ = -8.314 \times 298 \times -14 \times 2.303$$
$$\Delta G^\circ = +79881.8\ \ J/mol$$

ملاحظة مهمة جدا:

ان قيمة يعني قيمة R بقانون $\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ K_{eq}$ تساوي 8.314

وقيمة R بقانون $K_P = K_C(RT)^{\Delta ng}$ تساوي 0.082

مثال 13 أذا علمت أن $\Delta G°$ للتفاعل تساوي $\Delta G° = -104\ KJ/mol$ عند درجة حرارة $25C°$ وضغط $1\ atm$

$$CCL_{4(l)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

أحسب ثابت الاتزان عند الظروف نفسها

الحل

تحول درجة الحرارة من $C°$ الى K

$$Tk = tc° + 273$$

$$Tk = 25 + 273$$

$$Tk = 298\ K$$

تحول وحدة $\Delta G°$ من KJ/mol الى J/mol

حسب الملاحظة الاولى وذلك بضربها بـ 1000

$$\Delta G° = -104 \times 1000 = -104000\ J/mol$$

تطبيق العلاقة

$$\Delta G° = -RT\ Ln\ K_{eq}$$

$$-104000 = -8.314 \times 298 \times Ln\ K_{eq}$$

$$Ln\ K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$$

$$Ln\ K_{eq} = \frac{+104000}{+2477.5}$$

$$Ln\ K_{eq} = 42$$

$$Ln\ K_{eq} = Ln\ 1.7 \times 10^{+18}$$

$$\therefore\ K_{eq} = 1.7 \times 10^{+18}$$

معلومة

$$Ln\ 1.7 \times 10^{+18} = 42$$

تمرين 16

احسب ثابت الاتزان K_p للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25C^\circ$ وضغط $1\ atm$

$$2H_2O_{(L)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي $\Delta G_f(H_2O) = -237\ KJ/mol$ وبين هل يحدث هذا التفاعل تلقائيا في درجة حرارة $25C^\circ$ ؟

الحل

(هذا التمرين يربط الفصل 1 و 2)

المطلوب هو K_P وهو موجود في قانون

$$\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ K_P$$

ولكن يجب ان نوفر ΔG° في البداية

$$\Delta G^\circ = \sum n \times \Delta G_f^\circ(P) - \sum n \times \Delta G_f^\circ(R)$$

$$\Delta G^\circ = [2 \times \Delta G^\circ_{f(H_2)} + 1 \times \Delta G^\circ_{f(O_2)}] - [2 \times \Delta G^\circ_{f(H_2O)}]$$

$$\Delta G^\circ = [(2 \times 0) + (1 \times 0)] - [2 \times -237]$$

$$\Delta G^\circ = 0 - [-474] \implies \Delta G^\circ = +474\ KJ/mol$$

نحول وحدة ΔG° من KJ/mol الى J/mol بضربها بـ 1000

$$\Delta G^\circ = +474 \times 1000 = 474000\ J/mol$$

نحول درجة الحرارة من (C°) الى (K)

$$Tk = tc^\circ + 273$$

$$Tk = 25 + 273$$

$$Tk = 298\ K$$

نطبق القانون

$$\Delta G^\circ = -RT\ Ln\ K_p$$

$$474000 = -8.314 \times 298 \times Ln\ K_p$$

$$Ln\ K_p = \frac{474000}{-8.314 \times 298} = \frac{-474000}{2477.5}$$

$$Ln\ K_p = -191.33$$ بضرب الطرفين $\times\ e$

$$K_P = e^{-191.33}$$

$$\therefore K_P = 8 \times 10^{-84}$$

لا يحدث التفاعل تلقائيا لان اشارة $(\Delta G = +)$

و قيمة ثابت الاتزان K_p صغيرة جداً .

معلومة

$$Ln\ 8 \times 10^{-84} = -191.33$$

قاعدة لوشاتليه : (لي شاتليه)

لو شاتليه: إذا أثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة اتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة.

ويشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الانظمة الميكانيكية
(لكل فعل رد فعل مساو له بالقيمة ومعاكس له بالاتجاه)

المؤثرات الخارجية التي تؤدي الى الانحلال بحالة الاتزان:

اولاً : التغير في التراكيز للنواتج والمتفاعلات

لنفرض التفاعل الغازي $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$



1- عند إضافة تركيز الى المتفاعلات (A و B) فان اتجاه التفاعل ينزاح نحو النواتج (C) (نحو اليمين) للتقليل من الكمية الزائدة في المتفاعلات ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

2- عند إضافة تركيز الى النواتج (C) فان اتجاه التفاعل ينزاح نحو المتفاعلات (A و B) (نحو اليسار) للتقليل من الكمية الزائدة في النواتج ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة

3- عند السحب من المتفاعلات (A او B) فان اتجاه التفاعل ينزاح نحو المتفاعلات للتعويض عن النقص الحاصل في المتفاعلات

4- عند السحب من النواتج (C) فان اتجاه التفاعل ينزاح نحو النواتج للتعويض عن النقص الحاصل في النواتج

الخلاصة :

1- عند الإضافة للمتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج
2- عند الإضافة للنواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات
3- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات
4- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج

ملاحظات مهمة حول التراكيز :

1- عند الإضافة او السحب لمادة صلبة فلا يؤثر على حالة الاتزان (فقط المواد الغازية تتأثر)
2- قيمة ثابت الاتزان K_{eq} لا تتأثر عند الاضافة او السحب
3- لنفرض التفاعل $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ اذا كان اتجاه التفاعل امامي فان تركيز المادة (C) سوف يزداد وتركيز (A و B) سوف يقل والعكس صحيح

ثانياً : تأثير الحجم او الضغط في اناء التفاعل على موضع الاتزان :

أ – تأثير الحجم

1- عند زيادة الحجم على تفاعل فانه سوف يتجه نحو الطرف ذو عدد المولات الأكثر.

2- عند نقصان الحجم على تفاعل فانه سوف يتجه نحو الطرف ذو عدد المولات الأقل.

ب – تأثير الضغط

1- عند زيادة الضغط على تفاعل فانه سوف يتجه نحو الطرف ذو عدد المولات الأقل.

2- عند نقصان الضغط فانه سوف يتجه نحو الطرف ذو عدد المولات الأكثر.

ملاحظات مهمة حول (الحجم والضغط) :

1- ان زيادة الضغط هو نفسه نقصان الحجم (علاقة عكسية)

2- ان نقصان الضغط هو نفسه زيادة الحجم (علاقة عكسية)

3- اذا كانت:

$\Delta n_g = +$ فأن عدد مولات النواتج اكبر من عدد مولات المتفاعلات.

$\Delta n_g = -$ فأن عدد مولات المتفاعلات اكبر من عدد مولات النواتج.

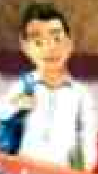
$\Delta n_g = 0$ ان التفاعل في حالة اتزان وليس هناك تاثير في (زيادة او نقصان الحجم او الضغط)

4- عند حساب عدد المولات فأننا نحسب عدد المولات للمواد الغازية فقط والباقي يهمل

5- ان التغير في الضغط او الحجم لا يؤثر على ثابت الاتزان K_{eq}

ثالثاً : تأثير درجة الحرارة

التفاعل الماص للحرارة $\Delta H = +$	التفاعل الباعث للحرارة $\Delta H = -$
1- عند زيادة درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان K_{eq}	1- عند زيادة درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات وتقل قيمة ثابت الاتزان K_{eq}
2- عند نقصان درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات وتقل قيمة ثابت الاتزان K_{eq}	2- عند نقصان درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان K_{eq}



ملاحظات مهمة عن درجة الحرارة

1- خلي ابالك شغلة زغيرونة (ثابت الاتزان K_{eq} وتراكيز النواتج ولد عم (علاقة طردية)
يعني ; إذا كان التفاعل امامي يعني راح تزداد النواتج يعني راح يزداد ثابت الاتزان K_{eq}
إذا كان التفاعل خلفي يعني راح تقل النواتج يعني راح يقل ثابت الاتزان K_{eq}

2- انت تعرف ان ثابت الاتزان لا يتغير اذا تغير التركيز او تغير الحجم او تغير الضغط راح اوضحلك السالفة اكثر بعد زكرلي شويونة

نقطة ضعف ثابت الاتزان هي درجة الحرارة
(يعني ثابت الاتزان K_{eq} يتغير بس من تتغير درجة الحرارة)

3- نكدر نعرف التفاعل ماص او باعث من شغلتين ;

التفاعل الماص	التفاعل الباعث
1- من خلال قيمة ΔH الموجبة $\Delta H = +$	1- من خلال قيمة ΔH السالبة $\Delta H = -$
2- تكون الطاقة بالمتفاعلات $H_2O + 6KJ \longrightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$	2- تكون الطاقة بالنواتج $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 394\ KJ$

ملخص

1- عند زيادة درجة الحرارة سيكون الماص امامي (نحو النواتج) وذلك للتخلص من كمية الحرارة الفائضة وتزداد قيمة ثابت الاتزان K_{eq}

2- عند نقصان درجة الحرارة سيكون الماص خلفي (نحو المتفاعلات) وذلك للتعويض عن نقص كمية الحرارة وتقل قيمة ثابت الاتزان K_{eq}

3- عند زيادة درجة الحرارة سيكون الباعث خلفي (نحو المتفاعلات) وذلك للتخلص من كمية الحرارة الفائضة وتقل قيمة ثابت الاتزان K_{eq}

4- عند نقصان درجة الحرارة سيكون الباعث امامي (نحو النواتج) وذلك للتعويض عن نقص كمية الحرارة وتزداد قيمة ثابت الاتزان K_{eq}

لا تنسى ان النواتج و K_{eq} ولد عم يعني تزداد النواتج يزداد ثابت الاتزان K_{eq}

رابعاً : تأثير إضافة العامل المساعد

علل: العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان؟

ج: لان العامل المساعد يؤثر فقط على طاقة التنشيط أي يؤثر فقط على السرعة التي يصل بها التفاعل الى حالة الاتزان حيث تزيد من معدل سرعتي التفاعل الامامي (R_f) والخلفي (R_b) بالدرجة نفسها فيتم الوصول الى حاله الاتزان بسرعة عالية.

علل: لا تؤثر إضافة العامل المساعد على موضع الاتزان وانما يسارع الوصول الى هذه الحالة؟

ج: نفس جواب التعليل السابق.



مثال 15 ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الاتي



$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)}$ $\qquad \Delta H = 38.5\ KJ/mol$

1) تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق

ج: بما ان ΔH موجبة إذا التفاعل ماص للحرارة وعند التسخين يتجه التفاعل الماص نحو النواتج أي باتجاه اليمين للتخلص من الحرارة الفائضة وتزداد قيمة ثابت الاتزان K_{eq} لان العلاقة طردية بينه وبين النواتج.

2) سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم

ج: عند السحب من N_2F_4 سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (نحو اليسار) للتعويض عن النقص الذي حصل في تركيزه وقيمة ثابت الاتزان لا تتأثر.

3) خفض الضغط على خليط متزن بدرجة حرارة ثابتة

ج: عند خفض الضغط سيتجه التفاعل نحو عدد المولات الأكبر أي نحو النواتج (اليمين) وقيمة ثابت الاتزان لا تتأثر.

4) إضافة العامل المساعد على خليط الاتزان

ج: العامل المساعد يخفض طاقة التنشيط أي انه يزيد من السرعة التي يصل بها التفاعل الى حالة الاتزان لذلك لا يؤثر العامل المساعد على حالة الاتزان ولا على قيمة ثابت الاتزان.



مثال 14

التفاعل الغازي الآتي $2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$ ΔH للتفاعل تساوي $-181\ kJ$ عند درجة حرارة $298\ K$ و K_p للتفاعل تساوي 3.2×10^{-20} بين هل ان قيمة K_p عند $500\ K$ أكبر ام اقل من قيمتها عند $298K$

الحل

بما ان ΔH سالبة إذا التفاعل باعث للحرارة.

وذلك لأنه عند زيادة درجة الحرارة من 298 الى 500 على تفاعل باعث للحرارة ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات فتقل قيمة ثابت الاتزان K_p

تمرين 17

للتفاعل الغازي الآتي $2BrF_{3(g)} \longrightarrow Br_{2(g)} + 3F_{2(g)}$ ΔH للتفاعل تساوي $858\ kJ$ عند درجة حرارة $1000K$ و K_p للتفاعل تساوي 7.4×10^{-16} بين هل قيمة K_p عند $1500K$ للتفاعل أكبر ام اقل من قيمتها عند $1000K$ للتفاعل نفسه

الحل

بما ان ΔH ذات قيمة موجبة إذا التفاعل ماص للحرارة.

وعند زيادة درجة الحرارة من $1000K$ الى $1500K$ على تفاعل ماص للحرارة ينزاح التفاعل نحو النواتج فتزداد قيمة ثابت الاتزان K_p





تمرين 18

للتفاعل المتزن الاتي $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ ان ΔH له تساوي $\Delta H = 284\ kJ/mol$ ما تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان

1) زيادة الضغط على التفاعل وذلك بإنقاص حجم الاناء؟

2) إضافة مزيد من O_2 الى النظام ؟

3) خفض درجة الحرارة ؟

4) اضافة عامل مساعد ؟

الحل

1) عند زيادة الضغط والذي نفسه هو نقصان الحجم يتجه التفاعل نحو عدد المولات الاقل اي نحو النواتج نحو اليمين ولا يتأثر قيمة ثابت الاتزان.

2) عند اضافة مزيد الى O_2 سوف يتجه التفاعل نحو النواتج (نحو اليمين وقيمة ثابت الاتزان لا يتأثر)

3) بما ان ΔH قيمة موجبة اذا التفاعل ماص للحرارة وعند خفض درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (نحو اليسار) للتعويض عن النقص الحاصل في كمية الحرارة بما ان التفاعل خلفي سوف تزداد تراكيز المتفاعلات وتقل تراكيز النواتج اذا سوف تقل قيمة ثابت الاتزان (تذكر ان ثابت الاتزان والنواتج ولد عم)

4) لا يؤثر العامل المساعد على حالة الاتزان ولا على قيمة ثابت الاتزان.



تمرين 19

يصل مزيج من الغازات C_2H_4 و H_2 و C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند $25C$ الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137\ KJ/mol$$

بين عدد من الإجراءات التي تؤدي الى رفع كمية C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل

الحل

في السؤال يريد زيادة تراكيز C_2H_6 إذا سنقوم بالتالي:

1_ اضافة كمية الى المتفاعلات (C_2H_4 , H_2) لأنه سيكون التفاعل امامي فيزداد تركيز C_2H_6

2_ سحب كمية من C_2H_6 لانه سيكون التفاعل امامي فيزداد تركيز C_2H_6

3_ زيادة الضغط (نقصان الحجم) سوف يتجه التفاعل نحو عدد المولات الاقل (امامي) فيزداد تركيز C_2H_6

4_ بما ان التفاعل باعث للحرارة (الطاقة بالنواتج) اذا سوف نخفض درجة الحرارة عندها سيتجه نحو النواتج (امامي) فيزداد التركيز C_2H_6

س23 عدد أربع إجراءات تؤدي الى رفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة



الحل

1) أضافة مزيد من N_2 , H_2 ليكون التفاعل أمامي .

2) السحب من NH_3 ليكون التفاعل أمامي .

3) زيادة الضغط (نقصان الحجم) لأنه سوف يتجه نحو عدد المولات الاقل (أمامي) .

4) خفض درجة الحرارة ليتجه التفاعل باتجاه النواتج (أمامي) لأنه باعث للحرارة.



س8 هل يؤدي دائما رفع درجة حرارة أي تفاعل في حالة أتزان الى زيادة في تركيز النواتج؟
إذا كانت أجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي او لا تؤدي الى زيادة النواتج. بين ذلك مع ذكر أمثلة

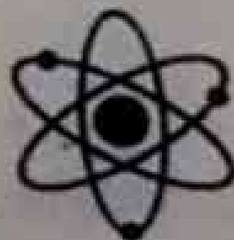
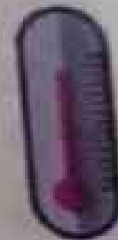
الحل

الجواب كلا

لأنه فقط التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة حرارتها سيكون التفاعل امامي (نحو النواتج) إذا ستزداد تراكيز النواتج اما التفاعلات الباعثة للحرارة فتقل تراكيز النواتج ومن الامثلة






س5) للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

1_ عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل المتزن

2_ رفع درجة حرارة اناء التفاعل

3_ سحب غاز N_2O_4 المتكون عند الاتزان

ج)

1_ عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو عدد المولات الاقل اي نحو النواتج (امامي) لان عند زيادة الضغط يقل الحجم فيتجه نحو عدد المولات الغازية الاقل

2_ عند رفع درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي) لان التفاعل باعث للحرارة حيث يتجه نحو المتفاعلات للتخلص من كمية الحرارة الفائضة

3_ عند سحب غاز N_2O_4 يكون اتجاه التفاعل امامي نحو النواتج للتعويض عن النقص الحاصل في كمية N_2O_4



س9)

للتفاعل المتزن الباعث للحرارة $2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$
وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

1) خفض الضغط المسلط على التفاعل؟

2) تبريد أناء التفاعل؟

حل)

1) عند خفض الضغط المسلط على التفاعل (أي زيادة الحجم) سوف يتجه التفاعل نحو عدد المولات (الغازية) الاكبر أي نحو المتفاعلات (خلفي) لانها أكبر عدد مولات غازية (تذكر ان الصلبة تهمل) وقيمة ثابت الاتزان Keq لاتتأثر.

2) بما أن التفاعل هو باعث للحرارة $(\Delta H = -)$ أذن عند تبريد التفاعل أي بمعنى نقصان درجة الحرارة ينزاح التفاعل باتجاه النواتج (امامي) وعندها ستزداد تراكيز النواتج فتزداد قيمة ثابت الاتزان Keq (Keq و النواتج ع ط)



س6) التفاعل الغازي المتزن الاتي $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ الثالي التفاعل تساوي 92.5 KJ/mol ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان
1) خفض درجة الحرارة؟
2) اضافة زيادة من Cl_2 الى مزيج الاتزان؟
3) سحب PCl_3 من خليط الاتزان؟
4) زيادة الضغط على خليط الاتزان؟
5) اضافة عامل مساعد؟

الحل

1_ بما ان التفاعل ماص للحرارة $\Delta H = +$ أذا عند خفض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات وتقل تراكيز النواتج فتقل قيمة ثابت الاتزان Keq

2_ عند اضافة زيادة من Cl_2 سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان Keq

3_ عند سحب PCl_3 من خليط الاتزان سينزاح التفاعل نحو النواتج (امامي) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان

4_ عند زيادة الضغط سيتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاقل اي نحو المتفاعلات (خلفي) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان Keq .

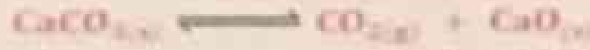
5_ اضافة العامل المساعد لا يؤثر على موضع الاتزان وانما يسارع الوصول الى هذه الحالة ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان Keq.



س7) التفاعل المتزن الاتي $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ الثالي التفاعل تساوي 198.2 KJ- ، ماذا يحدث لتراكيز SO_3 ، SO_2 ، O_2 عند الاتزان بعد
1- زيادة درجة حرارة التفاعل
2- تقليل الضغط المسلط على التفاعل
3- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان
4- اضافة عامل مساعد

$SO_{2(g)}$	$O_{2(g)}$	$SO_{3(g)}$	
يزداد	يزداد	يقل	1
يزداد	يزداد	يقل	2
يقل	يقل	يزداد	3
لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر	4

س10 التفاعل الاتي الماص للحرارة يجري في أناء مغلق



$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$$

ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي

1) تقليل حجم الاناء.
2) أضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان
3) سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان
4) أضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان
5) زيادة درجة الحرارة

الحل

1) عند تقليل حجم الاناء أي زيادة الضغط (علاقة عكسية) سيتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاقل أي نحو المتفاعلات (خلفي) (تحذف المواد الصلبة)

2) عند أضافة كمية الى CaO لا تتأثر حالة الاتزان لأنها مادة صلبة وليست غازية .

3) عند سحب جزء من $CaCO_3$ لا تتأثر حالة الاتزان لأنها مادة صلبة وليست غازية .

4) عند أضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان سيتزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي) .

5) بما أن التفاعل ماص ($\Delta H = +$) أذن عند رفع درجة الحرارة سيتزاح نحو النواتج (امامي) فتزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات فيزداد ثابت الاتزان.



س13 للتفاعل الاتي $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$ من خلال الجدول التالي احسب Kc , Kp للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص ام باعث للحرارة

ت	A(mol/L)	B(mol/L)	درجة الحرارة C°
1	0.0125	0.843	200
2	0.171	0.764	300
3	0.250	0.724	400

الحل

من خلال التراكيز المتوازنة في الجدول سوف نستخرج K_c

ومن خلال القانون

$$K_P = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

لكل من

(1



$$A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$$

$$0.0125 \qquad 0.843$$

$$K_{C}=\frac{[B]^2}{[A]^1}=\frac{(0.843)^2}{(0.0125)}$$

$$=\frac{0.710}{0.0125}=56.8$$

لاستخراج K_p نطبق القانون

$$KP = K_C (RT)^{\Delta ng}$$

نحول درجة الحرارة الى الكلفن

$$T_K = tc^{\circ} + 273$$

$$T_K = 200 + 273$$

$$T_K = 473\ K$$



نستخرج Δng

$$\Delta ng = \sum ng_{(P)} - \sum ng_{(R)} \Rightarrow \Delta ng = 2 - 1 = 1$$

نطبق القانون

$$K_p = K_C (RT)^{\Delta ng}$$

$$K_P = 56.8\ (0.082 \times 473)^1$$

$$K_P = 56.8 \times 38.78$$

$$K_P = 2203$$





(2



$$A_{(g)} \rightleftharpoons 2B$$

$$0.171 \qquad\qquad 0.764$$

$$K_C = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{(0.764)^2}{(0.171)} = \frac{0.583}{0.171} = 3.4$$

لاستخراج K_P نطبق القانون $K_P = K_C\,(RT)^{\Delta ng}$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$T_K = tc + 273 \implies T_K = 300 + 273 \implies T_K = 573\ K$$

$$KP = K_C\,(RT)^{\Delta ng}$$

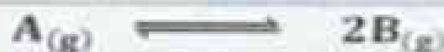
$$KP = 3.4(0.082 \times 573)^1$$

$$KP = 3.2 \times 46.9$$

$$KP = 159.7 \cong 160$$



(3



$A_{(g)}$	$\rightleftharpoons$ $2B_{(g)}$
0.250	0.724

$$K_C = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{(0.724)^2}{(0.250)} = 2.09$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$T_K = tc^{\circ} + 273$$

$$T_K = 400 + 273$$

$$T_K = 673\ K$$

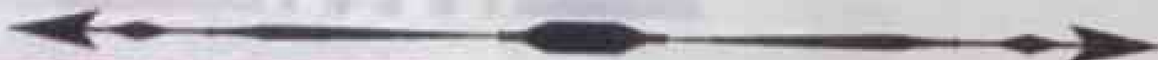
$$KP = K_C\,(RT)^{\Delta ng}$$

$$KP = 2.09\,(0.082 \times 673)^1$$

$$KP = 2.09 \times 55.186$$

$$KP = 115.3$$

لمعرفة التفاعل ماص ام باعث: نلاحظ انه كلما ارتفعت درجة الحرارة تقل قيمة ثابت الاتزان (K_C, K_P) اذا يعتبر التفاعل باعث للحرارة ($\Delta H = -$)



س22 التفاعل الغازي الباعث للحرارة $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ وفي اناء التفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 و I_2 وضعفيها من HI لوحظ ان حرارة الاناء ارتفعت فبعد استتباب حالة الاتزان وجد ان الاناء يحتوي على 1mol من HI و 2mol من I_2 و 2mol من H_2 أحسب
1- تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدأ التفاعل 2- K_c للتفاعل

الحل

بما ان الحجم يساوي 1L اذا (n = M)

قبل كتابة الفرضية بما انه تم وضع مولات ابتدائية لكل من النواتج والمتفاعلات اذا يجب ان نعرف اتجاه التفاعل

بما ان التفاعل باعث للحرارة وارتفعت حرارته اذا اتجه نحو النواتج اذا ستكون الفرضية كالتالي :

$2HI_{(g)}$	$\rightleftharpoons H_{2(g)}$	$+ I_{2(g)}$
2A	A	A
−2X	+X	+X
2A − 2X	A + X	A + X
(1M)	(2M)	(2M)

من معطيات السؤال،

$$2A - 2X = 1 \quad —— (1)$$

$$A + X = 2 \quad —— (2)$$

نضرب المعادلة الثانية بـ 2 لنساويها مع المعادلة الاولى ونحل انيا

$$2A - 2X = 1$$

$$2A + 2X = 4 \quad \text{بالجمع}$$

$$4A = 5 \quad \Rightarrow \quad A = \frac{5}{4} = 1.25\ M$$

اذا التراكيز الابتدائية ستكون

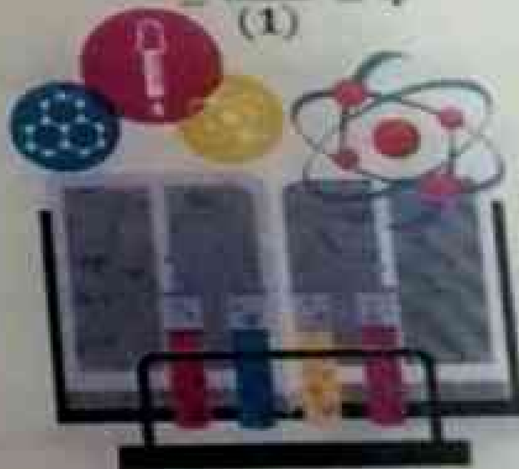
$$[H_2] = [I_2] = A = 1.25\ M$$

$$[HI] = 2A = 2(1.25) = 2.5M$$

نستخرج Kc للتفاعل

$$Kc = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$

$$= \frac{(2)^2}{(1)} = 4$$



س28) في أناء مغلق حجمه لتر واحد أجري التفاعل الآتي $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ عند 490C° كان ثابت سرعة التفاعل الامامي $K_f = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي $K_b = 0.0136$ وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K يساوي 59 بين كيف تتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يلي من إجراءات

أ) اضافة مزيد من H_2

ب) انخفاض درجة الحرارة

جـ) ازاحة بعض من I_2

الحل) قبل كل شيء يجب ان نعرف هل التفاعل ماص ام باعث

ويمكن ذلك من خلال مقارنة K_C بدرجة الحرارة

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$Tk = tC° + 273$$

$$Tk = 490 + 273$$

$$Tk = 763\ K$$

نستخرج ثابت الاتزان K عند 763

$$Keq = \frac{K_f}{K_r} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

الان نقوم بعمل مقارنة كالتالي

عندما كانت $T = 763K$ كان $Keq = 46$

وعندما اصبحت $T = 872$ اصبح $Keq = 59$

اي ان بزيادة درجة الحرارة يزداد ثابت الاتزان Keq

هذا يعني ان التفاعل ماص للحرارة (باتجاه النواتج)

بعد ما عرفنا ان التفاعل ماص للحرارة $\Delta H = +$ نبدأ بالاجراءات:

أ) عند اضافة مزيد من H_2 يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي اي انه سوف تزداد مولات HI

ب) عند خفض درجة الحرارة سيزاح التفاعل نحو المتفاعلات لانه ماص للحرارة عندها سوف تقل عدد مولات HI

جـ) عند ازاحة بعض من I_2 سوف يزاح التفاعل نحو الخلف نحو المتفاعلات عندها ستقل عدد مولات HI



س31 للتفاعل $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل يساوي 6×10^{-3} عند درجة حرارة 298 K ولكنه يساوي 1.5×10^{-2} عند درجة حرارة $35\,C^{\circ}$ هل تفكك رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص للحرارة

الحل

نحول درجة الحرارة الثانية الى الكلفن

$$Tk = tC^{\circ} + 273$$
$$Tk = 35 + 273$$
$$Tk = 308\ K$$

لمعرفة هل التفاعل ماص ام باعث نقارن ثابت الاتزان بدرجة الحرارة كالتالي:

عندما كانت $T = 298\ K$ كان $Kc = 6 \times 10^{-3}$

عندما اصبحت $T = 308\ K$ اصبح $Kc = 1.5 \times 10^{-2}$

اي بزيادة درجة الحرارة يزداد ثابت الاتزان

يدل على ان التفاعل ماص للحرارة واتجاه التفاعل نحو النواتج

لذلك ازدادت قيمة ثابت الاتزان Kc

س32 للتفاعل الغازي الاتي $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وجدت خليط الاتزان بدرجة حرارة $25\,C^{\circ}$ يحتوي على

$[SO_2] = 0.08 mole/L$ ، $[SO_3] = 0.002 mole/L$ ، $[O_2] = 0.01 mole/L$

وعند تبريد التفاعل الى $10C^{\circ}$ وجد ان Kc يساوي 4 بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة؟

الحل

من خلال التراكيز المعطاة نحسب Kc عند $25C^{\circ}$



$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

0.002   0.08   0.01

$$Kc = \frac{[SO_2]^2\,[O_2]}{[SO_3]^2}$$
$$= \frac{(0.08)^2(0.01)}{(0.002)^2}$$
$$= 16$$

الان نقارن قيم Kc مع درجات الحرارة

عندما كانت $T = 25C^{\circ}$ كان $Kc = 16$

وعندما اصبحت $T = 10C^{\circ}$ اصبح $Kc = 4$

اي ان عند انخفاض درجة الحرارة انخفضت قيمة Kc هنا يعني ان التفاعل ماص للحرارة لانه عند انخفاض درجة الحرارة في التفاعلات الماصة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات فتقل قيمة ثابت الاتزان Kc .

س1 املأ الفراغات التالية بما يناسبها

1- في التفاعل المتزن $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92\ KJ$


فأن خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد الناتجة

التوضيح: بما أن التفاعل باعث للحرارة (لان الطاقة $+ 92\ KJ$ بالنواتج) أذن عند خفض درجة الحرارة يؤدي الى انزياح التفاعل نحو الامام اي باتجاه النواتج حيث تزداد تراكيز المواد _ الناتجة.


2- أذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند $500\ C^{\circ}$ تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند $200\ C^{\circ}$ تساوي 4×10^{-12} فأن ذلك يدل على أن التفاعل باعث للحرارة.

التوضيح: عندما انخفضت درجة الحرارة ازدادت قيمة ثابت الاتزان هنا يدل على أن التفاعل باعث للحرارة.


3- في التفاعل المتزن الاتي $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{g} + 127KJ$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فأن حرارة التفاعل ترتفع.

التوضيح: بما أن التفاعل باعث للحرارة (لان الطاقة $127KJ$ بالنواتج) فعندما يضاف الهيدروجين ينزاح التفاعل نحو الامام نحو النواتج وبما أن الامامي باعث أذن حرارة التفاعل سوف ترتفع.

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة ينزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند رفع درجة الحرارة.

التوضيح: بما ان التفاعل باعث للحرارة أذن سوف ينزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة عند رفع درجة الحرارة.


5- في التفاعل المتزن $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ فان نقصان الضغط يزيد من استهلاك غاز CO_2

التوضيح: لاحظ أن عدد مولات النواتج (2) وعدد مولات المتفاعلات (1) وعند خفض الضغط (نقصان الحجم) سيتجه التفاعل نحو عدد المولات الأكبر أي نحو النواتج فيزداد استهلاك غاز (CO).


6- في التفاعل المتزن $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ فأن رفع درجة حرارة إناء التفاعل يعمل على زيادة قيمة Kc للتفاعل.

التوضيح: بما أن الطاقة ($180\ KJ$) في المتفاعلات هذا يعني ان التفاعل ماص للحرارة فعند رفع درجة الحرارة سينزاح التفاعل بالاتجاه الامامي عندها سوف تزداد النواتج أي زيادة _ قيمة Kc للتفاعل.

7- التغير بـ الضغط لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الآتي


$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_{g}$$

التوضيح: بما ان عدد مولات المواد الناتجة والمتفاعلة الغازية متساوية أي أن $(\Delta ng = 0)$ فأن التغير بـ الضغط لا يؤثر على حالة الاتزان.

8- للتفاعل المتزن $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} +$ طاقة عند نقصان الحرارة للتفاعل يمكن زيادة تركيز HCl الناتج

التوضيح: بما أن الطاقة بالنواتج، أي أن التفاعل باعث للحرارة ولزيادة تركيز HCl الناتج نقوم بنقصان درجة الحرارة لأنه سيتجه التفاعل بالاتجاه الامامي فيزداد تركيز HCl .

9- للتفاعل المتزن $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمة KP للتفاعل تساوي 3 والضغط الجزيئي لغاز NO_2 يساوي 3 atm فأن الضغط الجزئي لغاز N_2O_4 يساوي 3

التوضيح:



$$KP = \frac{P^2NO_2}{PN_2O_4} \Rightarrow 3 = \frac{(3)^2}{PN_2O_4}$$

$$P_{N_2O_4} = \frac{(3)^2}{3} = \frac{9}{3} = 3\ atm$$

10- في التفاعل المتزن الاتي $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(L)}$ بدرجة حرارة معينة وجد Kc للتفاعل يساوي $1 \times 10^{+28}$ فهذا يدل على أن موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين المواد الناتجة

التوضيح: بما أن قيمة Kc كبيرة جداً فهذا يدل على ان تراكيز النواتج كبيرة جداً (لأن العلاقة طردية بين النواتج و Kc) أي أن موضع الاتزان يقع في أتجاه تكوين المواد الناتجة.

11- عندما تكون KP أصغر من Kc فأن مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة أكبر من مجموع عدد مولات المواد الناتجة.

التوضيح:

إذا كانت Kc > KP فأن مولات المواد المتفاعلة أكبر من مولات المواد الناتجة.

إذا كانت KP > Kc فأن مولات المواد المتفاعلة أصغر من مولات المواد الناتجة.

- أذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان Kc للتفاعل فأن التفاعل يتجه نحو المواد الناتجة

التوضيح: أذا كان Kc > Q أتجاه التفاعل أمامي أي نحو المواد الناتجة.

13 - عند زيادة الضغط الكلي على حالة أتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فأن موضع الاتزان ينحرف باتجاه المتفاعلات

التوضيح: عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو الطرف ذو عدد المولات الغازية الاصغر أي نحو المتفاعلات.

14- العلاقة بين ثابت الاتزان Kc وتراكيز النواتج طردية

التوضيح: أكيد راح تكون العلاقة طردية (ولد عم).

15 - عند تقليل الضغط في خليط متزن $(\Delta ng = -1)$ فالتفاعل ينزاح نحو المتفاعلات وثابت الاتزان Kc لا يتأثر

التوضيح: بما أن $(\Delta ng = -1)$ هذا يعني ان مولات المتفاعلات أكبر من مولات النواتج (الغازية فقط) وعند تقليل الضغط يتجه التفاعل نحو الطرف ذو عدد المولات الاكبر اي نحو المتفاعلات وثابت الاتزان لا يتأثر.

16 - تفاعل متزن ثابت أتزانه $Kc = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان فأن ثابت الاتزان لا يتأثر.

التوضيح: تذكر دائما أن نقطة ضعف Kc هي درجة الحرارة أي انه يتغير فقط بتغير درجة الحرارة.

17- عندما Δng تساوي صفر لا يكون الضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان

التوضيح: عندما تكون $\Delta ng = 0$ أي ان عدد مولات النواتج مساوية لعدد مولات المتفاعلات عندها ليس للضغط ولا الحجم تأثير على حالة الاتزان.

18- يترجح التفاعل الخلفي لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد اناء التفاعل

التوضيح: تبريد التفاعل يعني نقصان درجة الحرارة وبما أن التفاعل ماص للحرارة فأنه يترجح التفاعل الخلفي.

19- في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة أتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند زيادة درجة الحرارة.

التوضيح: بما أن التفاعل ماص للحرارة إذا تزداد تراكيز المواد الناتجة عند زيادة درجة الحرارة.

20- في تفاعل متزن وجد ان $Kc = \frac{Kp}{RT}$ ما يدل على ان مجموع مولات المواد الغازية الناتجة في هذا التفاعل أكبر من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة.

التوضيح: لاحظ العلاقة $Kc = Kp(RT)^{-\Delta ng}$ وبما ان القانون أصبح $Kc = \frac{Kp}{RT}$ نرى ان (RT) نزلت في المقام يعني ان اسها بقي سالب وبقي سالب لان عدد مولات النواتج أكبر من عدد مولات المتفاعلات اي ان Δng ذات قيمة موجبة والقيمة الموجبة تعني ان مولات النواتج أكبر من مولات المتفاعلات

س2 اختر الجواب الصحيح

1- ثابت الاتزان Kc للتفاعل المتزن $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ عند درجة حرارة $727\,C^{\circ}$ تبلغ 4.17×10^{-2} فان اتجاه التفاعل عند خلط 0.4M من SO_3 و 0.1M من O_2 و 0.02M من SO_2 يكون:

أ- باتجاه المواد المتفاعلة
ب- اتجاه المواد الناتجة
ج- التفاعل في حالة اتزان ديناميكي
د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح:

$$Q = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{(0.4)^2}{(0.02)^2(0.1)} = 4000$$

بما ان $Q > Kc$ اذا اتجاه التفاعل خلفي اي باتجاه المواد المتفاعلة

2- التفاعل المتزن $CO_{2(g)} + CaO_{(s)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان
ب- يزداد الضغط الكلي
ج- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان
د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح: بما ان عدد مولات النواتج الغازية (1) وعدد مولات المتفاعلات الغازية تساوي (0) ، اذا عند زيادة الضغط يتزاح التفاعل نحو عدد المولات الاقل اي نحو المتفاعلات فتزداد $CaCO_3$

3- التفاعل المتزن $2IF_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + F_{2(g)}$ ثابت الاتزان Kc يساوي 1×10^{6} بدرجة حرارة 200K فاذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان لغاز IF يساوي 0.2 atm و 4×10^{-3} atm لغاز F_2 فأن الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي

أ- 5×10^{4} atm
ب- 1×10^{-5} atm
ج- 1×10^{5} atm
د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح:

$$\Delta ng = 2 - 2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \therefore K_P = Kc = 1 \times 10^{6}$$

$$K_P = \frac{P_{IF}^2}{P_{I_2} \times P_{F_2}}$$

$$1 \times 10^{6} = \frac{(0.2)^2}{P_{I_2} \times (4 \times 10^{-3})}$$

$$P_{I_2} = 1 \times 10^{-5}\ atm$$

4- اذا كانت قيمة Kc للتفاعل $LiI_{(g)} \rightleftharpoons Li_{(g)} + \frac{1}{2} I_{2(g)}$ عند 300 K تساوي 640.3 فان قيمة Kc للتفاعل $I_{2(g)} + 2Li_{(g)} \rightleftharpoons 2LiI_{(g)}$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي

أ- 25.3
ب- 41×10^{4}
ج- 15.6×10^{5}
د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح: بما ان التفاعل انقلب اذا نقلب قيمة Kc وبما ان التفاعل قد ضرب بـ 2 اذا نرفع قيمة Kc للاس (2)

$$Kc_2 = \frac{1}{(Kc_1)^2} = \frac{1}{(640.3)^2} = 24 \times 10^{-7}$$

اذا كل الاجابات السابقة خاطئة

5- عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة الايونية الاتية $2CrO_{4(aq)}^{-2} + 2H^+_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_{7(aq)}^{-2} + H_2O_{(l)}$ فاذا أردنا ان نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء فأننا نقوم بالاتي:

أ- نضيف مزيد من الماء ب- نضيف مزيد من HCL

جـ- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_2$ د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح: الجواب هو اضافة مزيد من HCL لزيادة تركيز $2H^+$ في المتفاعلات ليتجه التفاعل نحو الامام ليزداد اللون البرتقالي.

6- عند اضافة محلول NaOH الى المزيج من السؤال السابق فأننا نتوقع ان يحدث

أ- زيادة بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$ ب- زيادة بتركيز H_2O

جـ- نقص بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$ د- كل الاجابات السابقة خاطئة

7- للتفاعل الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ قيمة Kp للتفاعل عند $25\ C°$ تساوي 5.5×10^{-5} لذا فأن قيمة Kc للتفاعل تساوي

أ- 22513.3 ب- 9×10^4 جـ- 0.03 د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح:

$$\Delta ng = 2 - 4 = -2$$

$$TK = 25 + 273 = 298$$

$$Kc = Kp(RT)^{-\Delta ng}$$

$$Kc = 5.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 295)^{+2} \quad \rightarrow \quad Kp = 0.03$$

8- للتفاعل الاتي $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$ قيمة Kp عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة Kf للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فأن قيمة K_b تساوي

أ- 0.2 ب- 20

جـ- 7.8 د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح:

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$Kc = Kp(RT)^{-\Delta ng}$$

$$Kc = 2558.4(0.082 \times 4000)^{-1}$$

$$Kc\frac{2558.4}{0.082 \times 4000} = 7.8$$

$$Kc = \frac{Kf}{K_b} \rightarrow 7.8 = \frac{1.56}{K_b}$$

$$K_b = \frac{1.56}{7.8} = 0.2$$

9- للتفاعل الغازي $2HI_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + H_{2(g)}$ ثابت الاتزان $Kp = 2$ فان التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة (بوحدات mol/L) هي الاتي

أ- تركيز HI يساوي 0.1 وتركيز I_2 يساوي 0.05 وتركيز H_2 يساوي 0.05

ب- تركيز HI يساوي 0.4 وتركيز I_2 يساوي 0.1 وتركيز H_2 يساوي 0.2

جـ- تركيز HI يساوي 0.001 وتركيز I_2 يساوي 0.0002 وتركيز H_2 يساوي 0.0025

د- كل الاجابات السابقة خاطئة

التوضيح: لكي يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي (نحو المواد الناتجة) يجب ان تكون $Kc > Q$ وله طبقنا:

$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ على (أ) و (ب) و (ج)

a) $Q = \frac{(0.1)^2}{(0.05)^2} = 4$ $Q > Kc$ نحو المتفاعلات

b) $Q = \frac{(0.4)^2}{(0.1)\times(0.2)} = 8$ $Q > Kc$ نحو المتفاعلات

c) $Q = \frac{(0.001)^2}{(0.0002)(0.0025)} = 2$ $Q = Kc$ في حالة اتزان

نلاحظ ان في جميع الحالات $Q > Kc$

اذا التفاعل لا يصبح امامي ∴ جميع الاجابات السابقة خاطئة.



س3 علل ما يأتي

1- زيادة حجم اناء التفاعل لتفاعل غازي $\Delta ng(Products) < \Delta ng(Reactants)$ يؤدي الى خفض المنتوج

ج: وذلك لأنه عند زيادة الحجم اي (نقصان الضغط) يتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاكبر بما انه عدد مولات المتفاعلات أكبر من النواتج عندها سوف يتجه التفاعل بالاتجاه الخلفي فيقل المنتوج.

2- في التفاعل الافتراضي الغازي $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + $ طاقة لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي

ج: وذلك لان عدد مولات المواد المتفاعلة تساوي عدد مولات المواد الناتجة أي ان $\Delta ng = 0$ وعند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو عدد المولات الغازية الاقل وبما انه عدد المولات متساوية أذا لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

3- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا

ج: وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية (التامة) تستهلك فيها جميع تراكيز المواد المتفاعلة وتتحول الى نواتج لذا فتراكيز النواتج تكون كبيرة جداً وبما ان العلاقة طردية بين تراكيز النواتج وثابت الاتزان لذا سوف تكون قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً.

4- ترتفع درجة الحرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $Q = 1$ و $Kc = 0.3$

ج: بما ان $Q > Kc$ إذا اتجاه التفاعل خلفي وبما ان الامامي ماص والخلفي باعث وعليه ستزداد درجة الحرارة للتفاعل حسب قاعدة لوشاتليه أي تصبح كمية الحرارة المنبعثة بالاتجاه الخلفي اكبر من الحرارة الممتصة بالاتجاه الامامي.

5- يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة Kc للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل

ج: عند زيادة درجة الحرارة تزداد قيمة Kc هذا يدل على ان الماص امامي وبما انه عند زيادة درجة الحرارة انخفضت قيمة Kc هذه دلالة على ان الباعث امامي فالتفاعل باعث للحرارة لأن انخفاض قيمة Kc يعني انخفاض تراكيز النواتج لأن العلاقة بينها طردية.

6- قيمة Kc تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة

ج: عند رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة يتجه التفاعل بالاتجاه الامامي (نحو النواتج) فتزداد تراكيز المواد الناتجة وتقل تراكيز المواد المتفاعلة وبما ان العلاقة طردية بين (النواتج و Kc) إذا سوف تزداد قيمة Kc .

$$KC = \frac{[Prodact]}{[Reactant]}$$

7- زيادة الضغط على خليط متوازن $(\Delta ng = +1)$ فان الاتزان ينزاح باتجاه المتفاعلات

ج: عند زيادة الضغط (نقصان الحجم) ينزاح التفاعل نحو الطرف ذو عدد المولات الغازية الأقل وبما ان $(\Delta ng = +1)$ لها قيمة موجبه هذا يدل على ان مولات النواتج أكبر من مولات المتفاعلات الغازية إذا سوف يتجه التفاعل نحو المولات او الحجوم الأقل أي باتجاه المتفاعلات (خلفي).

8- تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة

ج: ان التفاعلات التي تتوقف هي التفاعلات الغير انعكاسية حيث يتم استهلاك جميع المواد المتفاعلة فتتوقف اما التفاعلات الانعكاسية والتي تظهر وكأنها متوقفة لكنها في الحقيقة مستمرة وتجري في كلا الاتجاهين لان حالة الاتزان الكيميائي هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليس سكون ستاتيكي.

9- في التفاعل الاتي $SO_{2(g)} + Cl_2(g)$ ⟸ طاقة + $SO_2Cl_{2(g)}$ ترتفع حرارة التفاعل عند اضافة SO_2 الى خليط الاتزان

ج: بما ان الطاقة بالمتفاعلات إذا التفاعل ماص للحرارة وعند اضافة SO_2 سوف ينزاح التفاعل نحو الخلف وبما ان الخلفي باعث للحرارة إذا سوف ترتفع حرارة التفاعل.

نتمنى لكم

الموفقية والنجاح



مفتاح الكيمياء

الفصل الثالث

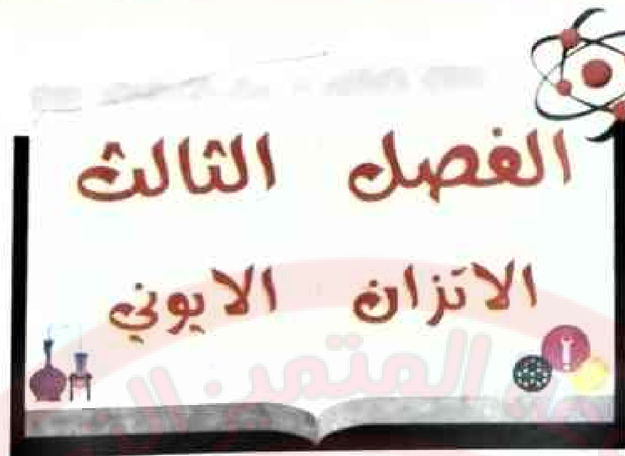
اعداد الاستاذ

حسين الهاشمي



السادس الاحيائي





المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية :

المحلول المائي: هو مزيج متجانس ناتج من ذوبان مادة (المذاب) في الماء (المذيب).

يمكن تصنيف المحاليل على هذا الاساس الى صنفين:

1- الالكتروليتات: وهي المواد التي يكون لمحاليلها القابلية على توصيل التيار الكهربائي وذلك لأحتوائه على ايونات موجبة وسالبة وقد تكون قوية مثل كلوريد الصوديوم او ضعيفة مثل حامض الخليك.

2- المواد غير الالكتروليتية: وهي المواد التي تكون محاليلها المائية غير موصلة للتيار الكهربائي مثل السكر (السكروز) .

س: ماهي اهم السمات المميزة للالكتروليتات؟

ج: 1- قابليتها على ايصال التيار الكهربائي في حالتها المنصهرة او عندما تكون على شكل محلول في مذيب مستقطب.

2- تكون محصلة الشحنة الكهربائية لمحاليل الالكتروليتات مساوية للصفر اي ان محاليلها تكون متعادلة كهربائيا.

3- عند ذوبان الالكتروليتات في مذيب مستقطب كالماء فأن محلولها سوف يتضمن ايونات موجبة وايونات سالبة.

4- تعتمد قابلية المحلول الالكتروليتي للتوصيل الكهربائي على طبيعة الايونات المكونة له وعلى تركيز الايونات اضافة الى درجة حرارة المحلول (هاي النقطة احتمال تجي فراغات) .

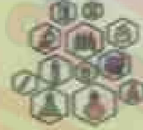
لا يقتصر السلوك الالكتروليتي للمواد على محاليلها فقط بل يتعدى ذلك على منصهرات الاملاح ايضاً.

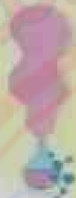
عند ذوبان جميع المركبات الايونية والمركبات المستقطبة (غير لا يونية) في الماء فأنها تنتج ايونات، فهي بذلك تعد الكتروليتات.

يمكن تصنيف الالكتروليتات حسب قابليتها نقل التيار الكهربائي الى صنفين رئيسيين

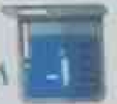
أ — الالكتروليتات القوية

ب — الالكتروليتات الضعيفة





الجزء الأول



أ- **الالكتروليتات القوية:** وهي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل للكهربائية بسبب تفككها التام في محاليلها المائية الى ايونات ومن الأمثلة عليه حامض الهيدروكلوريك وكلوريد الصوديوم و حامض الكبريتيك.

علل/ الالكتروليتات القوية عند ذوبانها في الماء ينتج محاليل عالية التوصيل للكهربائية؟

ج/ بسبب تفككها التام في محاليلها المائية الى ايونات.



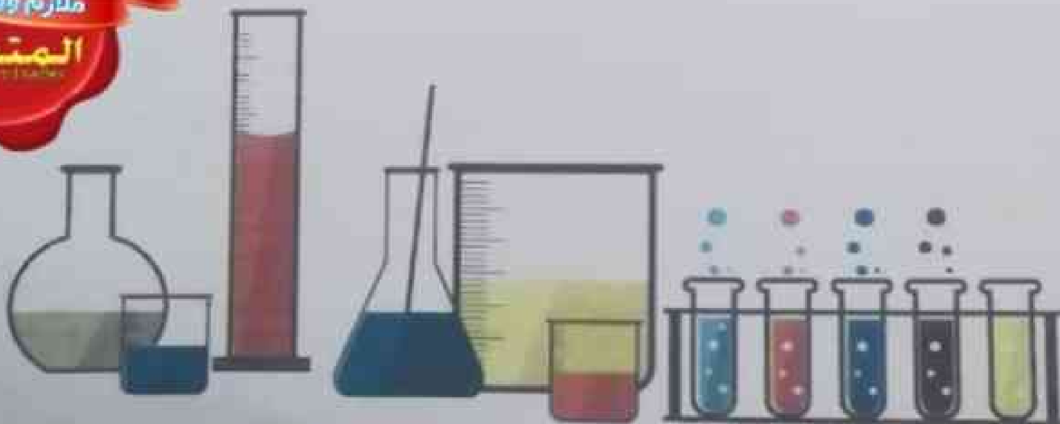
بشكل عام هنالك ثلاث فئات من المواد الالكتروليتية القوية

1- الحوامض القوية .

2- القواعد القوية .

3- معظم الاملاح الذائبة في الماء .









الحوامض القوية

من الامثلة على الحوامض القوية

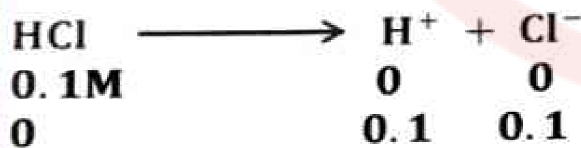
حامض الهيدروكلوريك	HCl	$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$
حامض الهيدرويوديك	HI	$HI \longrightarrow H^+ + I^-$
حامض الهيدروبروميك	HBr	$HBr \longrightarrow H^+ + Br^-$
حامض النتريك	HNO_3	$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$
حامض الكبريتيك	H_2SO_4	$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$
حامض فوق الكلوريك (البيروكلوريك)	$HClO_4$	$HClO_4 \longrightarrow H^+ + ClO_4^-$
حامض الكروميك	H_2CrO_2	$H_2CrO_2 \longrightarrow 2H^+ + CrO_2^{-2}$
حامض البرمنغنيك (فوق المنغنيك)	$HMnO_4$	$HMnO_4 \longrightarrow H^+ + MnO_4^-$

حساب تركيز الحوامض القوية

تحسب تراكيز ايونات الحوامض القوية مباشرة من تراكيز الحوامض القوية نفسها كما موضح بالامثلة التالية:

مثال عام احسب التركيز المولاري لأيون H^+ وايون Cl^- في محلول $0.1M$ من حامض الهيدروكلوريك؟

الحل: نكتب معادلة تفكك حامض HCL القوي



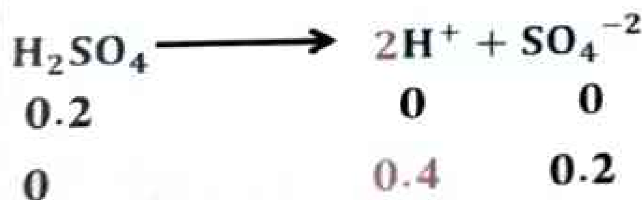
$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$0.1M$	0	0
0	0.1	0.1

وهنا يعني ان تركيز ايون $[H^+]$ هو $0.1M$ وتركيز ايون $[cl^-]$ هو $0.1M$.

مثال عام احسب تركيز ايون الهيدروجين للمحلول المائي لحامض الكبريتيك الذي تركيزه $0.2M$ ؟

الحل: نكتب معادل تفكك الحامض القوي H_2SO_4



$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

0.2	0	0
0	0.4	0.2

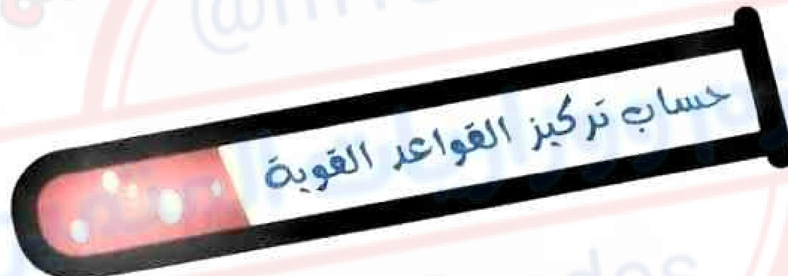
اذا من المعادلة: $[H^+] = 0.4M$



القواعد القوية

ومن الأمثلة على القواعد القوية:

هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	$NaOH \longrightarrow Na^{+} + OH^{-}$
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	$KOH \longrightarrow K^{+} + OH^{-}$
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2OH^{-}$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2OH^{-}$
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH	$LiOH \longrightarrow Li^{+1} + OH^{-}$
هيدروكسيد الربيديوم	RbOH	$RbOH \longrightarrow Rb^{+} + OH^{-}$

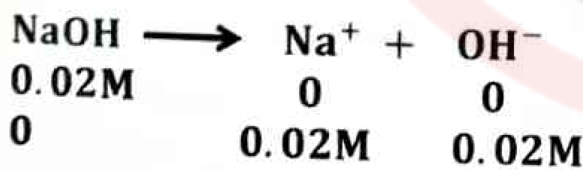


عند حساب تراكيز ايونات القواعد القوية يتبع نفس الأسلوب المستخدم في الحوامض القوية.

تحسب تراكيز ايونات القواعد القوية مباشرة من تراكيز القواعد القوية نفسها كما موضح بالامثلة التالية:

مثال عام: احسب تركيز ايون OH^{-} وايون Na^{+} في محلول 0.02 M من NaOH هيدروكسيد الصوديوم؟

الحل: نكتب معادلة تفكك القاعدة القوية NaOH



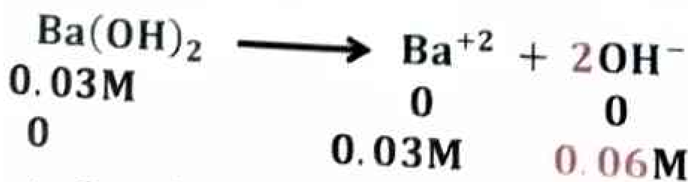
$$NaOH \longrightarrow Na^{+} + OH^{-}$$

$NaOH$	Na^{+}	OH^{-}
0.02M	0	0
0	0.02M	0.02M

ان تركيز ايون $[OH^{-}]$ هو 0.02M وتركيز ايون $[Na^{+}]$ هو 0.02M .

مثال 1 احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{+2} وايون OH^{-} في محلول 0.03 من هيدروكسيد الباريوم؟

الحل: نكتب معادلة تفكك القاعدة القوية $Ba(OH)_2$



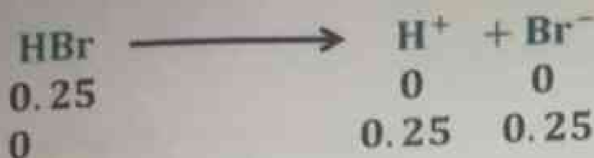
$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2OH^{-}$$

$Ba(OH)_2$	Ba^{+2}	$2OH^{-}$
0.03M	0	0
0	0.03M	0.06M

وهذا يعني ان تركيز ايون الباريوم $[Ba^{+2}]$ في المحلول يساوي 0.03M وتركيز ايون الهيدروكسيد $[OH^{-}]$ في المحلول هو 0.06M .

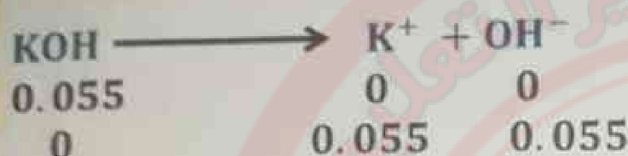
تمرين 1 أحسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات (الكتروليتات قوية) التالية حسب التراكيز المشار اليها HBr 0.25M و KOH 0.055M و $CaCl_2$ 0.155M ؟

الحل:



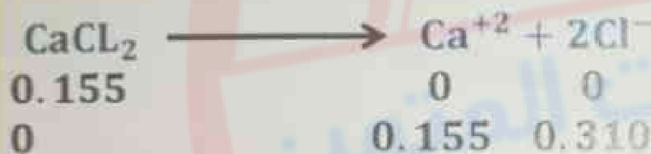
$$\begin{array}{lcl} HBr & \longrightarrow & H^{+} + Br^{-} \\ 0.25 & & 0 \quad\quad 0 \\ 0 & & 0.25 \quad 0.25 \end{array}$$

$$\therefore\ [H^{+}] = 0.25\ M$$
$$[Br^{-}] = 0.25\ M$$



$$\begin{array}{lcl} KOH & \longrightarrow & K^{+} + OH^{-} \\ 0.055 & & 0 \quad\quad 0 \\ 0 & & 0.055 \quad 0.055 \end{array}$$

$$\therefore\ [K^{+}] = 0.055\ M$$
$$[OH^{-}] = 0.055\ M$$



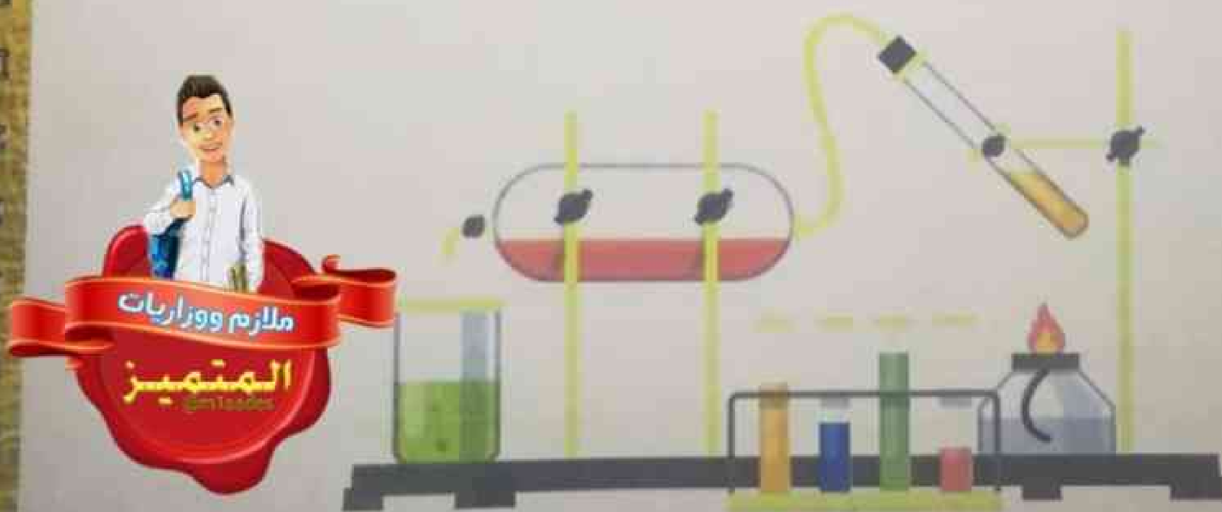
$$\begin{array}{lcl} CaCL_2 & \longrightarrow & Ca^{+2} + 2Cl^{-} \\ 0.155 & & 0 \quad\quad 0 \\ 0 & & 0.155 \quad 0.310 \end{array}$$

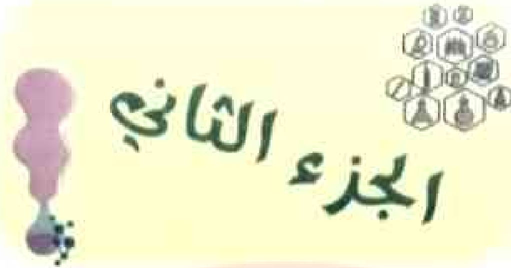
$$\therefore\ [Ca^{+2}] = 0.155\ M$$
$$[2Cl^{-}] = 0.310\ M$$

لاعظ ات القوي له سهم بأتجاه واحد

ملاحظة: مما سبق يتبين لنا ان المادة القوية تتفكك بسهم واحد (⟶) ويمكن حساب تركيزها بسهولة.

ان الحوامض والقواعد القوية ليس لها ثابت تفكك (K_a او K_b او درجة تفكك او نسبة مئوية) بسبب ان لها تأين تام (سهم واحد ⟶)

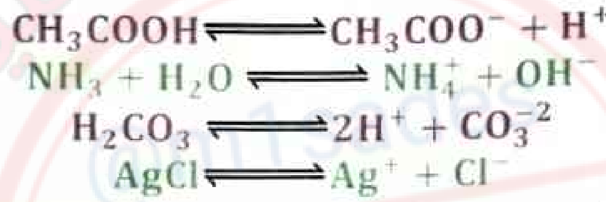




ب- الالكتروليتات الضعيفة:

وهي المواد التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل للكهربائية لكونها تتأين بشكل جزئي (محدود) في محاليلها المائية ومن الامثلة عليها حامض الخليك والامونيا وحامض الكاربونيك والاملاح شحيحة الذوبان.





$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{-2}$$
$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

الحامض الضعيف: حامض لا يتأين بشكل تام في محلوله المائي.

القاعدة الضعيفة: قاعدة لا تتأين بشكل تام في محلولها المائي.

درجة التفكك (التأين): هي النسبة بين كمية الصنف المذاب المتفككة عند حالة الاتزان الى كمية الصنف المذاب الكلية.

تفكك الالكتروليتات الضعيفة:

لقد تعلمنا سابقاً انه يمكن تعريف الحامض والقاعدة حسب نظرية برونشتد لوري كالاتي:

الحامض: هي المادة التي لها القابلة على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينة.

حامض $\rightleftharpoons$ قاعدة + بروتون

القاعدة: وهي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون مكونة حامض قرين.

قاعدة + بروتون $\rightleftharpoons$ حامض قرين

تعتمد قوة الحامض او القاعدة حسب هذه النظرية على مدى قابلية الحامض على فقدان بروتون وعلى مدى قابلية القاعدة على اكتساب بروتون وكذلك على الوسط الذي يحوي هذه الأصناف.

ان لكل حامض قاعدة قرينة تخالفه بالقوة.

ان لكل قاعدة حامض قرين يخالفها بالقوة.

يعني اذا كان هناك حامض قوي فأن له قاعدة قرينة ضعيفة والعكس صحيح.

واذا كان هناك حامض ضعيف فأن له قاعدة قرينة قوية والعكس صحيح.



الحوامض الضعيفة

من الامثلة على الحوامض الضعيفة:

حامض الخليك	CH_3COOH	$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$
حامض الهيدروفلوريك	HF	$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$
حامض الهيدروسيانيك	HCN	$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$
حامض الفورميك	$HCOOH$	$HCOOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+$
حامض الاوكزاليك	$H_2C_2O_4$	$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons 2H^+ + C_2O_4^{-2}$
حامض النتروز	HNO_2	$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$
حامض الفسفوريك	H_3PO_4	$H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{-3}$
حامض الفينول	C_6H_5OH	$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$
حامض البروبانويك	C_2H_5COOH	$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$

تعد الحوامض الضعيفة الكتروليتات ولذلك فأن عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة من عملية التفكك والتي يمكن التعبير عنها من خلال علاقة ثابت الاتزان.



$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$
$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

حيث ان H^+ هو نفسه H_3O^+.

وبتطبيق علاقة ثابت الاتزان ستكون كالتالي:

$$Ka = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

او

$$Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

لقد استبدلنا $[H_3O^+]$ بـ $[H^+]$ حيث ليس هناك فرق بينهم.

يمثل:

Ka : ثابت تفكك او تأين الحامض الضعيف.

حيث ان K تعني ثابت و a تعني (acid - حامض).





ملاحظات مهمة
قبل الدخول الى مسائل الحوامض الضعيفة

1- ان علاقة Ka تطبق على الحوامض الضعيفة فقط ولا تطبق على الحوامض القوية ابدا.

2- تكتب الفرضية كما في الفصل الثاني لكن للخطوة الاولى و الثالثة فقط (بدون الخطوة الثانية) .

3- $Ka = \frac{[\text{النواتج}]}{[\text{المتفاعلات}]}$.

معلومة
$\%10^{+2} = \%100$

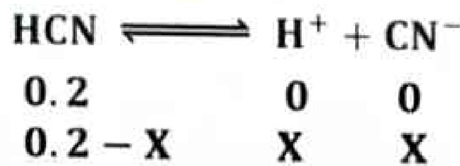
4- درجة تفكك = $\frac{[H^+] \text{ تركيز الجزء المتأين}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}}$.

5- النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H^+] \text{ تركيز الجزء المتأين}}{\text{تركيز الابتدائي للحامض}} \times \%100$.

اي ان: النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك × $\%100$.

تمرين 2 أحسب تركيز أيون الهيدروجين المائي في المحلول المائي لحامض الهيدروسيانيك ($Ka = 4.9 \times 10^{-10}$) تركيزه يساوي 0.2 M ؟

الحل:



$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

0.2	0	0
0.2 – X	X	X

معلومة
$\sqrt{0.98} = 1$

$$Ka = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.98 \times 10^{-10}$$ بالجذر التربيعي

$$X = 1 \times 10^{-5}\ M$$

$$[H^+] = 1 \times 10^{-5}\ M$$



مثال 3 احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي H^+ في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض اذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك 1.8×10^{-5} ؟

الحل:



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

0.1	0	0
0.1 − X	X	X

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^5 = \frac{(X)(X)}{(0.1-X)}$$

وسطين × طرفين

يهمل

$$X^2 = 0.1\left(1.8 \times 10^{-5}\right)$$

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$

بالجذر التربيعي للطرفين

$$X = 1.3 \times 10^{-3}$$

$$\therefore X = [H^+] = 1.3 \times 10^{-3}M$$

ولحساب درجة التفكك نستخدم القانون

$$\text{درجة التفكك (التأين)} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}[H^+]}{\text{التركيز الابتدائي}}$$

$$\text{درجة التفكك (التأين)} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 13 \times 10^{-3}$$

ولحساب النسبة المئوية لدرجة التفكك نستخدم القانون

$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}[H^+]}{\text{تركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{[1.3 \times 10^{-3}]}{0.1} \times 100\%$$

$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = 1.3\%$$



السؤال المطروح لماذا أهملنا قيمة X في بداية السؤال $(0.1 - X)$.

الجواب: حذفنا قيمة X بسبب أننا يمكننا استعمال طريقة تقريبية بسبب أن (X) هي قيمة صغيرة جدا مقارنة بالتركيز الابتدائي للحامض (0.1) والسبب الاخر هو ان قيمة Ka صغيرة جداً أيضاً .



نهمل قيمة (X) في الحالات التالية

1- أذا كانت قيمة K_a أو K_b صغيرة أي 10^{-5} أو 10^{-6} أو 10^{-7} .....الخ .

2- درجة التفكك (التأين) 0.05 فما تحت.

3- النسبة المئوية 5 % فما تحت.

أذا اتت قيمة K_a 10^{-4} أو 10^{-3} أو 10^{-2} .... الخ لا تهمل قيمة X وعندها نستخدم طرقة الدستور لحل السؤال:

$$X = \frac{\left(-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}\right)}{2a}$$

كما في المثال التالي:

مثال 4 أحسب درجة التفكك و النسبة المئوية للتأين لمادة حامض الهيدروفلوريك HF $(Ka = 6.8 \times 10^{-4})$ في محلولها المائي الذي تركيزه 0.1 M وما هي العلاقة بين النسبة المئوية للتأين وتركيز المحلول؟

الحل:



$$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$$

0.1	0	0
$0.1 - X$	X	X

بما أن K_a 10^{-4} أذا لا يمكن أهمال قيمة X ويحل بطريقة الدستور.

$$Ka = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

$$6.8 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{0.1 - X}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = (6.8 \times 10^{-4})(0.1 - X)$$

$$X^2 = (6.8 \times 10^{-5}) - (6.8 \times 10^{-4}X)$$

$$X^2 + (6.8 \times 10^{-4}X) - (6.8 \times 10^{-5})$$

$$X = \frac{\left(-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}\right)}{2a}$$

$$X = \frac{-(6.8 \times 10^{-4}) \pm \sqrt{(6.8 \times 10^{-4})^2 - 4 \times (6.8 \times 10^{-5})}}{2}$$

$$X = 7.91 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}\ [H^+]}{\text{التركيز الابتدائي}}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{7.91 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.079$$

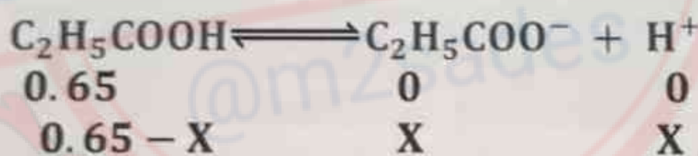
النسبة المئوية للتأين = درجة التفكك × 100%

النسبة المئوية للتأين = 0.079×100%

النسبة المئوية للتأين = 7.91%

س10 أذا علمت أن قيمة Ka لحامض البروبانويك C_2H_5COOH تساوي 1.3×10^{-5} . ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذو تركيز $0.65\ M$ ؟

الحل:



$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

0.65	0	0
0.65 – X	X	X

$$Ka = \frac{[C_2H_5COO^-][H^+]}{[C_2H_5COOH]}$$

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.65}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.845 \times 10^{-5}$$

$$X^2 = 8.45 \times 10^{-6}$$ بالجذر

$$X = 2.9 \times 10^{-3} M$$

$$[H^+] = 2.9 \times 10^{-3} M$$

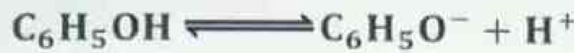
$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}\ H^+}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.65} \times 100\%$$

النسبة المئوية للتفكك = 0.45 %

تمرين 3 أحسب تركيز أيون الهيدروجين المائي للفينول (C_6H_5OH) $(K_a = 1.3 \times 10^{-10})$ الذي تركيزه: **(أ)** $0.2\ M$ ؟ **(ب)** بعد تخفيفه لـ100 مرة؟

الحل: أ)



$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.2	0	0
0.2 − X	X	X

$$Ka = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.2(1.3 \times 10^{-10})$$

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$$ بالجذر

$$X = [H^+] = 0.51 \times 10^{-5}\ M$$

معلومة
$\sqrt{0.26} = 0.51$

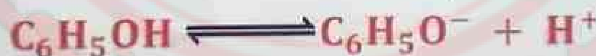
ب) بعد تخفيفه 100 مرة سوف نستخدم القانون:

$$\frac{M_1}{M_2} = \text{عدد مرات التخفيف}$$

$$M_2 = \frac{M_1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$$

$$M_2 = \frac{0.2}{100} \Rightarrow M_2 = 0.002 = 2 \times 10^{-3} M$$

الان نستخرج قيمة $[H^+]$ بعد التخفيف:



$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

0.002	0	0
0.002 − X	X	X

$$Ka = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-12}$$ بالجذر

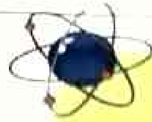
$$X = [H^+] = 0.51 \times 10^{-6} M$$

ملاحظات التخفيف:

- قانون التخفيف: عدد مرات التخفيف $= \frac{M_1}{M2}$ (يستخدم هذا القانون اذا اعطى او طلب عدد مرات التخفيف).
- في التمرين السابق عندما خففنا التركيز 100 مرة انخفض تركيز الهيدروجين بمقدار 10 مرات لكن درجة التفكك تزداد عشر مرات اي ان بتخفيف التركيز تزداد درجة التفكك.

علل/ بتخفيف التراكيز تزداد درجة التفكك؟

ج/ وذلك لان بعملية التخفيف يزداد تفكك المذاب حيث تؤدي الى نقصان في كمية الجزء غير المتفكك.



الحوامض الضعيفة



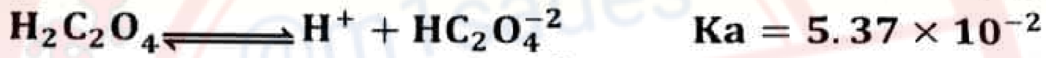
احادية البروتون والمتعددة البروتون



الحامض احادي البروتون: وهو الحامض الذي ينتج كل جزيء منه بروتون واحد فقط عند تفككه في الماء ويمكن ان يكون هذا الحامض قوياً او ضعيفاً أي انه يحتوي ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين.

الحامض متعدد البروتون: وهو الحوامض الذي يمكن لكل جزيء منه ان ينتج بروتون او اكثر على مراحل متعددة وغالبا ما يكون البروتون الذي ينتج في الخطوة الأخيرة ضعيف

مثال على ذلك حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ الذي يمتلك بروتونين حامضيين يمتاز كل منهما بثابت تفكك خاص به:



$$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^{-2} \qquad Ka = 5.37 \times 10^{-2}$$



$$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons 2H^+ + C_2O_4^{-2} \qquad Ka = 5.1 \times 10^{-5}$$

وحامض الفسفوريك H_3PO_4 له ثلاث ثوابت تفكك:



$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \qquad Ka = 7.11 \times 10^{-3}$$



$$H_3PO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + HPO_4^{-2} \qquad Ka = 6.32 \times 10^{-8}$$



$$H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{-3} \qquad Ka = 4.80 \times 10^{-13}$$

علل/ تقل قيمة K_a باستمرار عملية تفكك الحوامض متعددة البروتون؟

علل/ نلاحظ من قيم ثوابت التفكك ان $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3}$ ؟

ج/ يعود السبب في ذلك الى نقصان قابلية الاصناف التي تحمل الشحنة السالبة على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب ازدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين الايونات ذوات الشحنات المختلفة.

علل/ تزداد درجة تفكك حامض ضعيف مثل HNO_2 عند تخفيفه بالماء المقطر وتقل عند إضافة نتريت الصوديوم $NaNO_2$ الية؟

ج/ عند إضافة الماء اليه يؤدي الى نقصان H^+ المتأينة من الحامض ولتعويض النقص الحاصل في تركيز H^+ ينزاح التفاعل الامامي للحامض حسب قاعدة لوشاتلية فيزداد تفكك الحامض وتزداد درجة التفكك.

اما عند إضافة $NaNO_2$ اليه سوف يتكون ايون مشترك NO_2^- فيزداد تركيز NO_2^- وللتخلص من NO_2^- ينزاح التفاعل بالاتجاه الخلفي عندها يقل H^+ ويقل تفكك الحامض وبالتالي تقل درجة التفكك.



$$NaNO_2 \longrightarrow Na + NO_2^-$$



$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$$



القواعد الضعيفة

ومن الامثلة عليها:

الامونيا	NH_3	$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
الانلين	C_6H_7N	$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$
البيريدين	C_5H_5N	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$
مثيل امين	CH_3NH_2	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$

لاحظ عندما تكون هنالك قاعدة ضعيفة فيكون تفككها كالتالي:

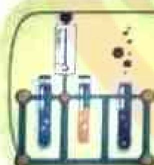
نجمعها مع الماء H_2O والذي هو نفسه H OH عنده ينتقل H من الماء للقاعدة لكي يضهر OH^- في النواتج كما في المعادلة التالية: $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

وتعرف حسب مفهوم برونشتد على انه الصنف الذي له القابلية على اكتساب البروتونات من المذيب

تمتاز بأن لها ثابت تفكك ويرمز له بالرمز K_b

حيث ان: K_b = ثابت تفكك القاعدة الضعيفة **حيث ان** K **يعني ثابت و** b (base قاعدة) .

عند حل الامثلة الحسابية المتعلقة بالقواعد الضعيفة يتبع نفس الاسلوب الذي استخدم عند التعامل مع الحوامض الضعيفة.



ملاحظات مهمة

قبل الدخول الى مسائل القواعد الضعيفة

1- ان علاقة K_b تطبق على القواعد الضعيفة فقط ولا تطبق على القوية ابدا.

2- تكتب الفرضية كما في الفصل الثاني لكن للخطوة الاولى و الثالثة فقط (بدون الخطوة الثانية) .

3- $K_b = \frac{[\text{النواتج}]}{[\text{المتفاعلات}]}$.

5- يهمل الماء دائما ولا يدخل في الحسابات لأنه مذيب وتركيزه ثابت.

6- درجة تفكك = $\frac{\text{تركيز الجزء المتأين } [OH^-]}{\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}}$.

7- النسبة المئوية للتفكك = $\frac{\text{تركيز الجزء المتأين } [OH^-]}{\text{تركيز الابتدائي للقاعدة}} \times \%100$.

اي ان النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك × %100 .

معلومة
$\%10^{+2} = \%100$

مثال 5 احسب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للتأين للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه يساوي 0.2M علما ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة 1.8×10^{-5} ؟

الحل:



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.2	0	0
0.2 − X	X	X

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.2}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.36 \times 10^{-5}$$

$$X^2 = 3.6 \times 10^{-6}$$ بالجذر

$$X = 1.9 \times 10^{-3} M$$

$$[OH^-] = 1.9 \times 10^{-3} M$$

معلومة: $\sqrt{3.6} = 1.9$



درجة التأين = تركيز الجزء المتأين OH^- / التركيز الابتدائي

$$\text{درجة التأين} = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2}$$

$$\text{درجة التأين} = 9.5 \times 10^{-3}$$

النسبة المئوية للتأين = (تركيز الجزء المتأين OH^- / التركيز الابتدائي) × 100 %

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \frac{1.9\times10^{-3}}{0.2} \times 100\ \%$$

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = 9.5 \times 10^{-3} \times 100\ \%$$

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = 0.95\ \%$$

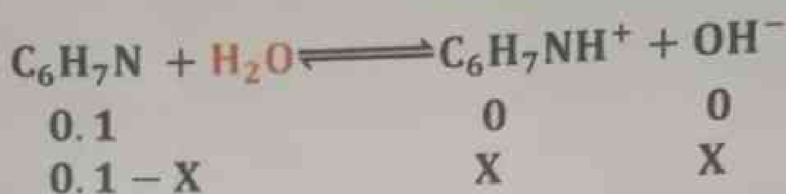
لاحظ عندما تكون هنالك قاعدة ضعيفة فيكون تفككها كالتالي # نجمعها مع الماء H_2O والذي هو نفسه HOH عنده ينتقل H من الماء للقاعدة لكي يظهر OH^- في النواتج كما في المعادلة التالية:

$$NH_3 + H_2O \quad NH_4^+ + OH^-$$

تمرين 4 أحسب درجة التأين للمحلول المائي للانلين C_6H_7N $= 3.8 \times 10^{-10}$
الذي تركيزه يساوي $0.1\ M$ ؟

الحل:



$$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$$

C_6H_7N	$C_6H_7NH^+$	OH^-
0.1	0	0
0.1 − X	X	X

$$Kb = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.1}$$ وسطين × طرفين

$$X^2 = 0.38 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 38 \times 10^{-12}$$ بالجذر

$$X = 6.2 \times 10^{-6}$$

$$[OH^-] = 6.2 \times 10^{-6}\ M$$

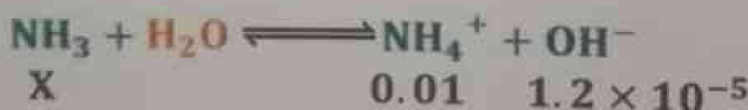
درجة التأين = $\frac{\text{تركيز الجزء المتأين } OH^-}{\text{التركيز الابتدائي}}$

درجة التأين = $\frac{6.2 \times 10^{-6}}{0.1}$

درجة التأين = $62 \times 10^{-6} \cong 6.2 \times 10^{-5}$

س 11 ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4^+] = 0.01M$
$[OH^-] = 1.2 \times 10^{-5}M$ علما بأن ثابت تفكك الامونيا $= 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: بما ان الامونيا قاعدة ضعيفة اذا ستكون المعادلة كالتالي:



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
X	0.01	1.2×10^{-5}

$$Kb = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{0.01 \times 1.2 \times 10^{-5}}{[NH_3]}$$

$$[NH_3] = \frac{0.01 \times 1.2 \times 10^{-5}}{1.8 \times 10^{-5}}$$

$$[NH_3] = 6.6 \times 10^{-3}M$$



س17: يتأين حامض الخليك في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار % 4.2 احسب ثابت تأين الحامض؟

الحل:



اذا اعطى بالسؤال درجة تفكك (تأين) او النسبة المئوية فيمكن من خلالها استخراج H^+ او OH^- او التركيز الابتدائي للمادة (الأصلي).

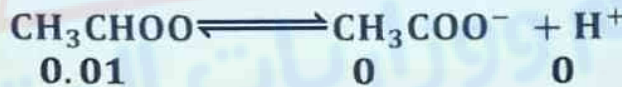
بما انو النسبة المئوية للتأين معلومة اذا سوف نستخرج منها تركيز $[H^+]$.

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \frac{H^+ \text{ تركيز الجزء المتأين}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\ \%$$

$$\%\ 100 \times \frac{[H^+]}{0.01} = 4.2\ \%$$

$$[H^+] = 4.2 \times 10^{-4} M$$

بما انه يتوفر لدينا تركيز H^+ اذا نكتب معادلة تفكك حامض الخليك لاحظ ان (H هو نفسه X) .



$$CH_3CHOO \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$0.01 \qquad 0 \qquad 0$$

$$0.01 - 4.2 \times 10^{-4} \qquad 4.2 \times 10^{-4} \qquad 4.2 \times 10^{-4}$$

نطبق قانون ثابت التأين للحامض .

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{CH_3COOH}$$

$$K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-4})^2}{(0.01)} = \frac{17.64 \times 10^{-8}}{0.01} = 1.76 \times 10^{-5}$$

س26: اذا علمت ان النسبة المئوية للتفكك 0.1 M حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي % 0.01 كم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

الحل: من خلال النسبة المئوية سوف نقوم باستخراج H^+ .

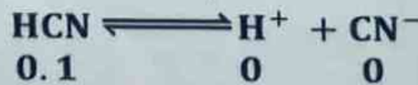
$$\text{النسبة المئوية للتفكك} = \frac{H^+ \text{ تركيز الجزء المتأين}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

تذكر ان H^+ هو نفسه X

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{0.1} = 0.01\ \%$$

$$H^+ = \frac{0.1 \times 0.01}{100} = 1 \times 10^{-5} M$$

نقوم بكتابة معادلة تفكك الحامض الضعيف.



$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

$$0.1 \qquad 0 \qquad 0$$

$$0.1 - 1 \times 10^{-5} \qquad 1 \times 10^{-5} \qquad 1 \times 10^{-5}$$

نطبق قانون ثابت التفكك k_a .

$$ka = \frac{[H^+][CN^-]}{HCN}$$

$$ka = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.1} = \frac{1 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-9}$$



1- اذا اعطى بالسؤال درجة تفكك (تأين) او النسبة المئوية فيمكن من خلالها استخراج H^+ او OH^- او التركيز الابتدائي للمادة (الاصلي) .

2- تذكر دائما عند كتابة الفرضية فأننا نكتبها للخطوة الأولى والثالثة فقط.

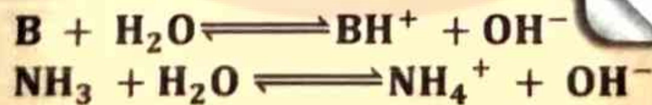
3- ان الحوامض والقواعد القوية ليس لها ثابت تفكك (Ka او Kb او درجة تفكك او نسبة ملوية) بسبب ان لها تأين تام (سهم واحد $\longrightarrow$) .

4- ان الحوامض والقواعد الضعفية لها (Ka و Kb ودرجة تفكك ونسبة مئوية) بسبب انها تتأين بشكل غير تام (سهمين $\rightleftharpoons$) لاحظ الامثلة التالية.

5- يتفكك الحامض الضعيف بالشكل التالي:



6- اما القاعدة الضعيفة فتفكك عن طريق جمعها مع الماء H_2O والذي هو نفسه H OH عنده ينتقل H من الماء للقاعدة لكي يظهر OH^- في النواتج كالتالي:





تذكر ان الماء (H_2O) لا يدخل في الحسابات (يهمل)

7- اذا اعطى K_a فأن المادة هي حامض ضعيف (a = acid) .

8- اذا اعطى K_b فأن المادة هي قاعدة ضعيفة (b = bace) .

9- ان H_3O^+ هو نفسه H^+ .

الجزء الثالث

التأين الذاتي للماء

ويعرف ايضا بالتأين التلقائي للماء او التفكك التلقائي للماء.

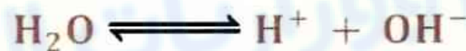
تعريفه: وهو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال بروتون من جزيء الى جزيء اخر للماء لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ وايون الهيدروكسيد OH^- .

يمكن ان تحدث عملية التأين الذاتي للماء في الماء النقي او في المحاليل المائية لمواد اخرى وهي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.



$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

او بشكل ابسط



$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ويمكن وصف عملية الاتزان من خلال ثابت يدعى الحاصل الايوني للماء ويعبر عنه بالرمز K_w

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

وقد اثبتت القياسات الدقيقة التي اجريت على الماء النقي ان تركيز ايون H^+ هو 1×10^{-7} وتركيز ايون OH^- هو 1×10^{-7} اي ان التركيز عندها يصبح القانون.

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-7} = 1 \times 10^{-14}$$

وعليه يصبح القانون:



حفظ ثابت

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

ملاحظة: يستخدم هذا القانون في إيجاد H^+ اذا كان لدينا OH^- وفي إيجاد OH^- اذا كان لدينا H^+.

ملاحظات:

عند زيادة تركيز H^+ سوف يقل تركيز OH^- .

عند زيادة تركيز OH^- سوف يقل تركيز H^+ .

وهذا يعني ان الماء النقي هو وسط متعادل أي انه ليس حامضياً ولا قاعدياً لذلك يكون فيه $[H^+] = [OH^-]$ او $[H_3O^+] = [OH^-]$:

1/ عند اضافة حامض الى الماء او اي محلول متعادل فأنه سوف يزداد تركيز H^+ .

2/ وعند اضافة قاعدة للماء او اي محلول متعادل فأنه سوف يزداد تركيز OH^- .

الخلاصة

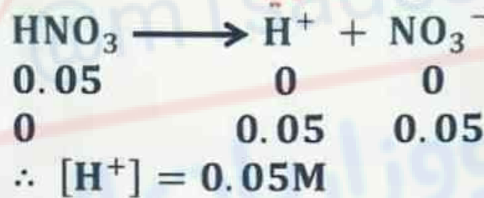
اذا كان $[H^+] > [OH^-]$ فأن المحلول حامضي. أي $[H^+] > 1\times10^{-7}$

اذا كان $[OH^-] > [H^+]$ فأن المحلول قاعدي. أي $[OH^-] > 1\times10^{-7}$

اذا كان $[H^+] = [OH^-]$ فأن المحلول متعادل. أي $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$

مثال 6 احسب تركيز ايونات H^+ و OH^- في $0.05M$ من محلول حامض النتريك HNO_3 ؟

الحل: نكتب معادلة تفكك حامض النتريك (القوي)



$$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$$

0.05	0	0
0	0.05	0.05

$$\therefore [H^+] = 0.05M$$

ولحساب OH^- نطبق القانون:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{0.05} = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-2}} = 0.2\times10^{-14}\times10^{+2}$$

$$= 0.2\times10^{-12} = 2\times10^{-13}M$$

تمرين 5 أحسب تراكيز أيونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على أيونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز : أ) $0.01\ M$ ؟ ب) 2.0×10^{-9} ؟

الحل:

أ)

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{KW}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{0.01} = \frac{1\times10^{-14}}{1\times10^{-2}} = 1\times10^{-12}\ M$$

ب)

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{KW}{[OH^-]} = \frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-9}} = 0.5\times10^{-5}\ M$$

الاس الهيدروجيني PH



الاس الهيدروجيني PH هي طريقة ملائمة للقياس او التعبير عن تركيز ايون الهيدروجين خصوصاً لتراكيز ايون الهيدروجين الصغيرة التي تكون قيمتها اصغر او تساوي 1M بدلالة سالب لوغاريتم التركيز المولاري لأيون الهيدروجين في المحلول ويرمز للناتج العددي لهذه القيمة بـ PH .

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة جدا لأيونات H^+ و OH^- أمر جداً صعب ومرهق لذلك اقترح العالم سورنسن في عام (1959) الاس الهيدروجيني (PH الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول ويكون حسب العلاقة التالية:

$$PH = -Log[H^+] \rightarrow \log\frac{1}{[H^+]}$$
$$POH = -Log[OH^-] \rightarrow \log\frac{1}{[OH^-]}$$

تستخدم لمن عندك H^+ واريد PH
لما عندي OH واريد POH
فقط

- تستخدم هذه العلاقات لايجاد PH و POH من خلال H^+ و OH^- .

حيث يمكن حساب تركيز +H أو OH من خلال PH و POH من العلاقات التالية:

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[OH^-] = 10^{-POH}$$

أشتقاق العلاقة التي تربط بين PH و POH :

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

وعندما نأخذ لوغارتم لطرفي المعادلة:

$$Log[H^+] + Log[OH^-] = Log\, 1 \times 10^{-14}$$

وبضرب طرفي المعادلة بـ -1 يصبح :

$$PH + POH = 14$$

لحساب مقدار التغير في الاس الهيدروجيني (ΔPH) استخدم العلاقة الاتية:

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

PH_1 / قبل الإضافة ، PH_2 / بعد الإضافة

ΔPH /اذا كانت القيمة (-) المضاف محلول حامضي ،واذا كانت القيمة (+) المضاف محلول قاعدي.

قبل الدخول بمسائل الاس الهيدروجيني PH
يجب ان نتعلم حسابات وقوانين اللوغارتيم

أولاً يفضل حفظ اللوغارتمات العشرة الأولى.

Log 1 = 0	Log 6 = 0.78
Log 2 = 0.3	Log 7 = 0.845
Log 3 = 0.477	Log 8 = 0.9
Log 4 = 0.6	Log 9 = 0.954
Log 5 = 0.7	Log 10 = 1

ثانياً

$$\text{Log } y = x \Rightarrow y = 10^{x}$$
$$\text{Log } 2 = 0.3 \Rightarrow 2 = 10^{0.3}$$

ثالثاً قوانين اللوغارتم

أ- لوغارتم الضرب يتحول الى جمع.

$$\text{Log } A \times B \Rightarrow \text{Log } A + \text{Log } B$$
$$\text{Log } 2 \times 3 \Rightarrow \text{Log } 2 + \text{Log } 3$$
$$= 0.3 + 0.477 = 0.777$$

ب- لوغارتم القسمة يتحول الى طرح.

$$\text{Log } \frac{x}{y} \Rightarrow \text{Log } x - \text{Log } y$$
$$\text{Log } \frac{8}{3} \Rightarrow \text{Log } 8 - \text{Log } 3$$
$$\Rightarrow 0.9 - 0.477 = 0.423$$

جـ- لوغارتم العدد المرفوع لأس يساوي حاصل ضرب الأس × لوغارتم هذا العدد.

$$\text{Log } y^{A} \Rightarrow A \times \text{Log } y$$
$$\text{Log } 10^{-2} \Rightarrow -2 \times (1) = -2$$

رابعاً إيجاد عدد أساسه عشرة واسه رقم سالب و عشري.

مثال: جد قيمة $10^{-2.7}$ ؟

الحل: بما ان العدد الصحيح هو 2 اذا سوف نضرب الرقم بـ $10^{+3} \times 10^{-3}$ وكالاتي:

$10^{-2.7} \times 10^{+3} \times 10^{-3}$



تذكر عند الضرب نجمع الاسس حيث سوف يصبح

$$10^{-2.7+3} \times 10^{-3}$$

سوف نجمع أول رقم وهو $(+3)$ مع الاس الاصلي وبما ان الاشارات مختلفة اذآ نطرح ونأخذ اشارة الأكبر.

$$10^{0.3} \times 10^{-3}$$

نلاحظ ان $10^{0.3}$ هو نفسه Log 2 حسب القاعدة الثانية اذآ قيمة $10^{0.3}$ هي 2 عندها سيكون 2×10^{-3}

مثال: جد قيمة $10^{-4.74}$ أذا علمت ان $(\text{Log } 1.8 = 0.26)$ ؟

الحل:

$$10^{-4.74} \times 10^{+5} \times 10^{-5}$$
$$10^{-4.74+5} \times 10^{-5}$$
$$10^{+0.26} \times 10^{-5}$$

لاحظ ان قيمة $10^{0.26}$ هي (1.8) معطاة في السؤال أذآ سوف يكون:

$$1.8 \times 10^{-5}$$

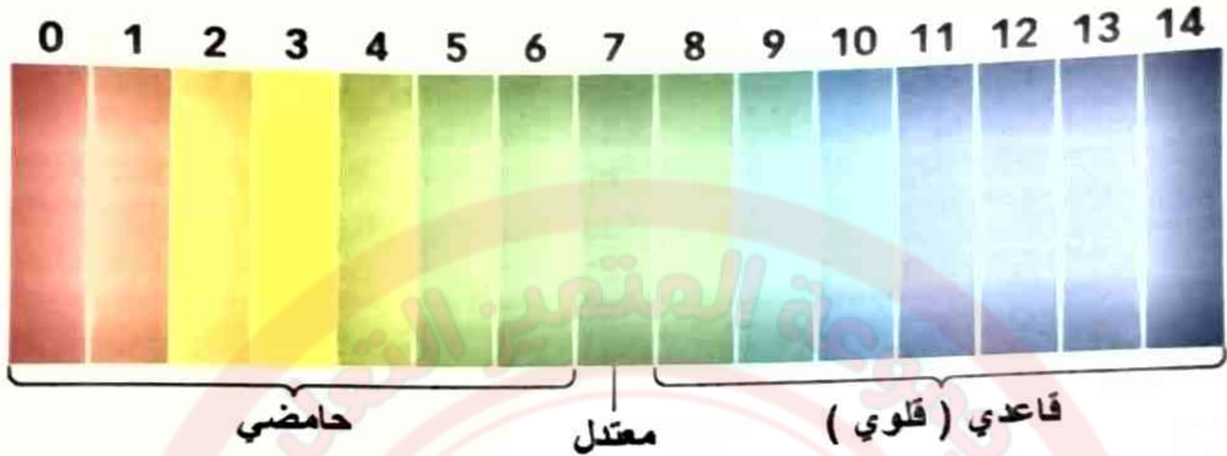
مثال 7: أحسب قيمة PH محلول يكون فيه تركيز ايونات H^+ يساوي 0.05 mol/L ؟

الحل: بما اننا لدينا تركيز $[H^+]$ أذآ سوف نستخرج PH من القانون:

$PH = -\text{Log}[H^+]$
$PH = -\text{Log } 0.05$
$PH = -\text{Log } 5 \times 10^{-2}$
$PH = -(\text{Log}5 + \text{Log}10^{-2})$
$PH = -(0.7 - 2)$
$PH = -(-1.3)$
$PH = +1.3$

log 5 = 0.7

مقياس PH للحامضية والقاعدية



ملاحظات هامة

عندما يكون $PH < 7$ المحلول حامضي.

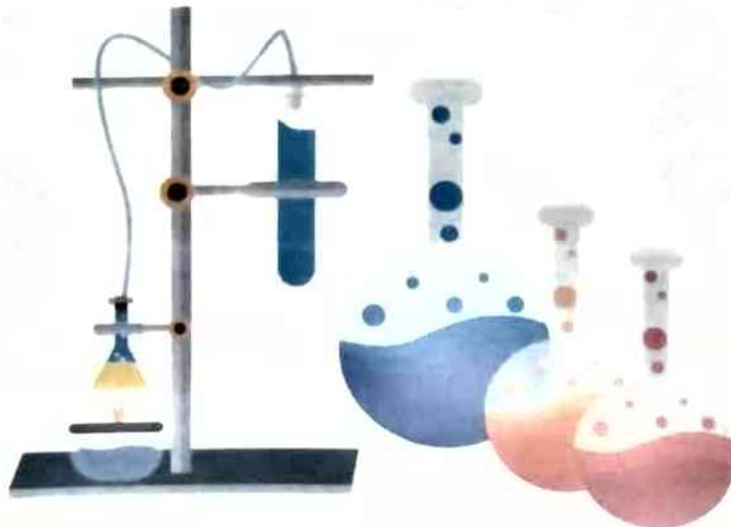
عندما يكون $PH > 7$ المحلول قاعدي.

عندما يكون $PH = 7$ المحلول متعادل.

ملاحظة: ان قيم PH و POH بدون وحدات.

ان مجموع PH و POH لازم يكون 14 او يقاربها جدا، يعني اذا PH قيمته 7 فأكيد POH راح يكون 7 ، واذا PH قيمته 10 فأكيد POH راح يكون 4 .

اذا طلع مجموع PH و POH أكبر أو اقل من 14 يعني حلك غلط!



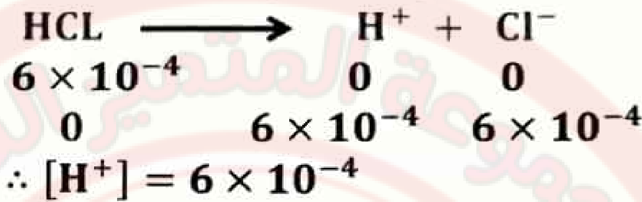
تمرين 6 أحسب قيم الدالة الحامضية PH للمحاليل الاتية:

أ) 6.0×10^{-4} M من حامض الهيدروكلوريك؟

ب) 0.03 M من حامض الكبريتيك؟

الحل:

أ) نكتب معادلة تفكك الحامض القوي لاستخراج تركيز H^+ .



$$HCL \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$$6 \times 10^{-4} \quad\quad 0 \quad\quad 0$$

$$0 \quad\quad 6 \times 10^{-4} \quad\quad 6 \times 10^{-4}$$

$$\therefore [H^+] = 6 \times 10^{-4}$$

$$PH = -Log[H^+]$$

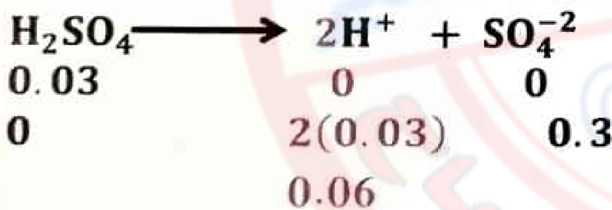
$$PH = -Log\,6 \times 10^{-4}$$

$$PH = -(Log\,6 + Log\,10^{-4})$$

$$PH = -(0.78 - 4) = -(-3.22) = 3.22$$

log 6 = 0.78

ب) نكتب معادلة تفكك حامض الكبريتيك القوي.



$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

$$0.03 \quad\quad 0 \quad\quad 0$$

$$0 \quad\quad 2(0.03) \quad\quad 0.3$$

$$0.06$$

$$[H^+] = 0.06 = 6 \times 10^{-2}\ M$$

$$PH = -Log[H^+]$$

$$PH = -Log\,6 \times 10^{-2}$$

$$PH = -(Log\,6 + Log\,10^{-2})$$

$$PH = -(0.78 - 2) = -(-1.22) = 1.22$$

مثال 8 اذا كانت قيمة PH محلول تساوي 3.301 فكم يكون تركيز H^+ فيه علما ان $Log5 = 0.699$ ؟

الحل:

بما انه يتوفر لدينا PH ونريد H^+ اذا سوف نستخدم العلاقة الاتية:

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-3.301} \times 10^{+4} \times 10^{-4}$$

$$[H^+] = 10^{-3.301+4} \times 10^{-4}$$

$$[H^+] = 10^{+0.699} \times 10^{-4}$$

$$[H^+] = 5 \times 10^{-4}\ M$$

تمرين 7 إذا علمت ان PH محلول لحامض النتريك يساوي 3.32 ما هي مولارية المحلول علما ان $Log4.76 = 0.68$ ؟

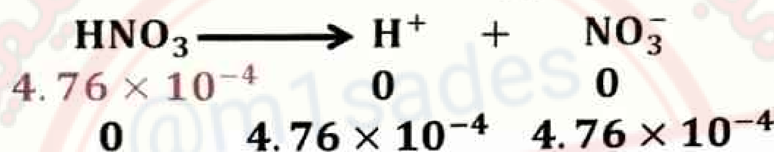
الحل: في هذا السؤال يطلب المولارية وبما ان المحلول قوي اذا المولارية هي نفسها H^+ .

بما انه لدينا PH اذا سوف نستخرج $[H^+]$ من القانون:

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-3.32} \times 10^{+4} \times 10^{-4}$$
$$[H^+] = 10^{-3.32+4} \times 10^{-4}$$
$$[H^+] = 10^{0.68} \times 10^{-4}$$
$$[H^+] = 4.76 \times 10^{-4}\ M$$

log 4.76 = 0.68

نكتب المعادلة لتفكك الحامض القوي:



$$M_{HNO_3} = 4.76 \times 10^{-4}\ M$$

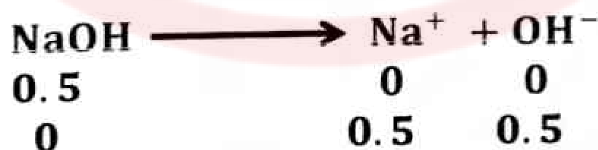
س 5 / 3 قيم PH و POH لمحلول $0.5\ M$ من هيدروكسيد الصوديوم هي:

أ) $PH = 1.3$ $POH = 12.7$

ب) $PH = 7.0$ $POH = 7.0$

جـ) $PH = 13.7$ $POH = 0.3$

التوضيح



$$[OH^-] = 5 \times 10^{-1}\ M$$

log 5 = 0.7

$$\therefore POH = -\log[OH^-]$$
$$POH = -\log 5 \times 10^{-1}$$
$$POH = -(\log 5 + \log 10^{-1})$$
$$POH = -(0.7 - 1) \Rightarrow POH = -(-0.3) \Rightarrow POH = 0.3$$

$$PH + POH = 14$$
$$PH + 0.3 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 0.3 \Rightarrow PH = 13.7$$

اذا الجواب فرع (جـ)

تمرين 9 احسب قيم $[H^+]$، PH، $[OH^-]$، POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيزه 0.015M وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟ ولماذا؟

الحل: تكتب معادلة تفكك هيدروكسيد الكالسيوم (القاعدة القوية)

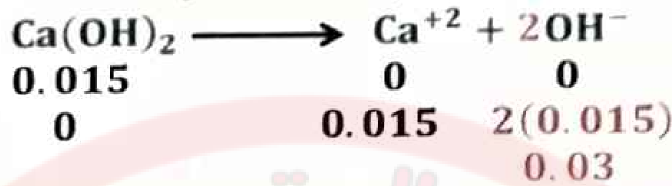
$$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2OH^-$$

0.015	0	0
0	0.015	2(0.015)
		0.03

من المعادلة ان $[OH^-]$ يساوي 0.03M

$$[OH^-] = 0.03 = 3 \times 10^{-2}M$$

بعدما استخرجنا تركيز OH^- هنا امامنا طريقتين:



واكيد اختيار الطريقة راح يكون راجع الك (لان بالنتيجة نفس الناتج راح يطلع) .

$$POH = -\log[OH^-]$$
$$POH = -\log 3 \times 10^{-2}$$
$$POH = -(\log 3 \times 10^{-2})$$
$$POH = -(0.477 - 2) = -(-1.523) = 1.523$$

log 3 = 0.477

من قيمة POH نستخرج PH من القانون.

$$PH + POH = 14$$
$$PH + 1.523 = 14 \quad \rightarrow \quad PH = 14 - 1.523 = 12.477$$

نقوم باستخراج H^+ من تركيز OH^- .

$$K_w = [H^+][OH^-]$$
$$1 \times 10^{-14} = [H^+] \times 3 \times 10^{-2}$$
$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-2}} = 0.33 \times 10^{-12} = 3.3 \times 10^{-11}\ M$$

طلب في السؤال هل المحلول حامضي ام قاعدي ولماذا سيكون الجواب اكيد **قاعدي** لان قيمة PH أكبر من 7 حيث انها كانت PH = 12.477 .



ملاحظات مهمة عن H^+ و OH^- و PH و POH (العصابة)

اطلق عليهم تسمية **العصابة** بسبب واحد:
لان اذا لزمت واحد منهم اوتماتيكيا راح يعترف ع البقية (واحد يعترف ع الثاني) .

لازم يكون مجموع PH و POH يساوي 14 او ما يقارب 14 يعني مو مشكلة اذا طلع المجموع 14.1 او 13.90 .




اذا طلب هل المحلول حامضي ام قاعدي هنا لازم نشوف قيمة PH

اذا PH اكبر من 7 قاعدي ، اذا PH اقل من 7 حامضي ، اذا PH يساوي 7 متعادل



س/ المعادلة التالية تبين حالة اتزان بين جزيئات الماء وايوناته:

$$2H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

1- هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة؟

2- ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند 25°C وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد في الماء النقي؟

الحل: 1- نعم يتغير.

2- قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء $K_w = 1 \times 10^{-14}$.

تركيز ايون $[H^+]$ 1×10^{-7} M

تركيز ايون $[OH^-]$ 1×10^{-7} M



حساب كتل المحاليل

$$n\,(\text{عدد المولات}) = \frac{m\,(\text{الكتلة})}{M\,(\text{الكتلة المولية})}$$

$$M\,(\text{التركيز المولاري}) = \frac{n\,(\text{عدد المولات})}{V\,(\text{الحجم باللتر})}$$

وبتعويض القانون الاول بالثاني ينتج:

$$M\,(\text{التركيز المولاري}) = \frac{\dfrac{m\,(\text{الكتلة})}{M\,(\text{الكتلة المولية})}}{V\,(\text{الحجم باللتر})}$$

$$M\,(\text{التركيز المولاري}) = \frac{m\,(\text{الكتلة})}{M\,(\text{الكتلة المولية}) \times V\,(\text{الحجم باللتر})}$$

وسطين × طرفين

$$m\,(\text{الكتلة}) = M\,(\text{التركيز المولارية}) \times M\,(\text{الكتلة المولية}) \times V\,(\text{الحجم باللتر})$$

g   mol/L   g/mol   L

ملاحظات هذا القانون:

1- يجب ان يكون الحجم باللتر $V(L)$ واذا اعطى الحجم بالملليتر $V(ml)$ نحوله الى اللتر بقسمته على 1000.

$$V(L) = \frac{V(mL)}{1000}$$

2- ان الوحدات كالتالي:

n = mol	V = L	M = g/mol	M = mol/L = M	m = g

س25 كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم ($M = 56\ g/mol$) اللازم اضافتها الى 200 ml من الماء لتصبح قيمة PH المحلول الناتج تساوي 11 ؟

الحل: سوف نحسب الكتلة m من القانون

$$m = M \times M \times V$$

نقوم باستخراج التركيز المولاري والذي هو نفسه OH^- كالتالي:

$$PH + POH = 14$$
$$11 + POH = 14$$
$$POH = 14 - 11$$
$$POH = 3$$

بما انه يتوفر لدينا POH اذاً يمكن ان نستخرج $[OH^-]$.

$$[OH^-] = 10^{-POH}$$
$$[OH^-] = 10^{-3} = 0.001M$$

بما ان KOH (هيدروكسيد البوتاسيوم) هو قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد اذا تركيز $[KOH] = [OH^-]$.



$$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$$
$$0.001 \quad\quad 0 \quad\quad 0$$
$$0 \quad\quad 0.001 \quad 0.001$$
$$\therefore [KOH] = 0.001M$$

نحول الحجم الى وحدة (L) اللتر بالقسمة على 1000 .

$$V_{(L)} = \frac{200}{1000} = 0.2\ L$$

وبما انه الكتلة المولية معطاة السؤال $M = 56\ g/mol$ اذا اصبح القانون جاهز.

$$m = M \times M \times V$$
$$m = 0.001 \times 56 \times 0.2$$
$$m = 0.0112\ g$$

ملاحظات:

اذا كان لدينا حامض قوي فان H^+ يمثل التركيز المولاري للحامض نفسه Y .

اذا كان لدينا قاعدة قوية فان OH^- يمثل التركيز المولاري للقاعدة نفسها Y .

س4/ ما عدد غرامات CH_3COOH $(M = 60\,g/mol)$ الواجب اضافتها الى 250 mL من الماء ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علما بأن PKa للحامض يساوي 4.74 ؟

الحل: المطلوب بالسؤال هو عدد الغرامات اي الكتله (m) وسوف نستخرجها من القانون:

$m = M \times M \times V$

ان الكتلة المولية M متوفرة وقيمتها $(60\,g/mol)$ اذا يجب ان نوفر الحجم والتركيز المولاري للحامض.

$$V_L = \frac{250}{1000} = 0.25\,L$$

الان يجب ان نستخرج التركيز المولاري لحامض الخليك سوف نقوم باستخدام H^+ من خلال PH .

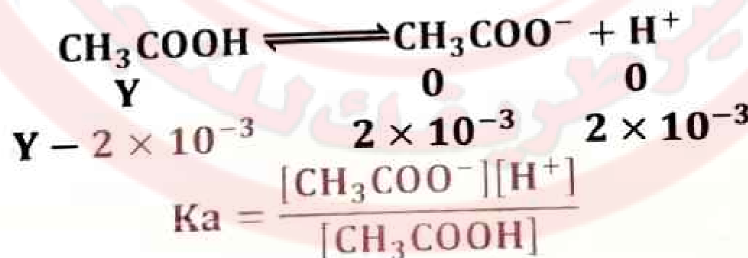
$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-2.7} \times 10^{+3} \times 10^{-3}$$
$$[H^+] = 10^{-2.7+3} \times 10^{-3}$$
$$[H^+] = 10^{0.3} \times 10^{-3}$$
$$[H^+] = 2 \times 10^{-3}M$$

معلومة
Log 2 = 0.3

الان استخرجنا تركيز H^+ لكن للأسف ان H^+ هو ليس التركيز المولاري للحامض بسبب ان الحامض ضعيف وليس قوي. الان نقوم باستخراج Ka من خلال PKa من العلاقة:

$$Ka = 10^{PKa}$$
$$Ka = 10^{-4.74}$$
$$Ka = 10^{-4.74} \times 10^{+5} \times 10^{-5}$$
$$Ka = 10^{-4.74+5} \times 10^{-5}$$
$$Ka = 10^{0.26} \times 10^{-5}$$
$$Ka = 1.8 \times 10^{-5}$$

نكتب معادلة تفكك الحامض الضعيف



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$Y \qquad\qquad 0 \qquad\qquad 0$$
$$Y - 2 \times 10^{-3} \qquad 2 \times 10^{-3} \qquad 2 \times 10^{-3}$$

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{[Y]}$$

$$[Y] = \frac{4 \times 10^{-6}}{1.8 \times 10^{-5}} = 2.22 \times 10^{-1} = 0.222M$$

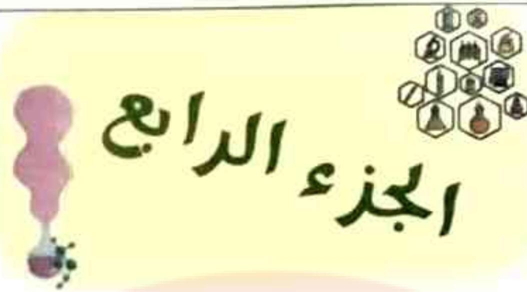
بعدما استخرجنا التركيز المولاري للحامض الان اصبح القانون جاهز

$$n = M \times M \times V$$
$$n = 0.222 \times 60 \times 0.25$$
$$n = 3.33\,g$$

ملاحظات

اذا كان لدينا حامض ضعيف فأن H^+ لا يمثل التركيز المولاري للحامض نفسه Y .

اذا كان لدينا قاعدة ضعيفة فأن OH^- لا يمثل التركيز المولاري للقاعدة نفسها Y .



التمذوب (الاملاح)

التمذوب: هي عملية تفاعل الصنف المذاب مع جزيئات المذيب.

التحلل المائي: هي عملية تفاعل الصنف المذاب مع جزيئات الماء وذلك عندما يكون الماء هو المذيب.

لنسأل ما هو الملح؟



الجواب: أن الملح هو المادة الناتج من تفاعل الحامض مع القاعدة او (هو المادة الناتجة من اتحاد الجزء الموجب من القاعدة مع الجزء السالب من الحامض) كما في المعادلة الافتراضية.



$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

أنواع الاملاح:

1- أملاح مشتقة من حوامض قوية + قواعد قوية

2- أملاح مشتقة من حوامض ضعيفة + قواعد ضعيفة

3- أملاح مشتقة من حوامض ضعيفة + قواعد قوية

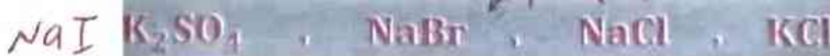
4- أملاح مشتقة من حوامض قوية + قواعد ضعيفة

مسائل

01 النوع الاول: أملاح لحوامض قوية وقواعد قوية (أملاح متعادلة).

صفات هذا النوع من الاملاح	
1- محاليلها المائية متعادلة.	2- PH لها يساوي 7 . و POH ايضا 7
3- $H^+ = OH^- = 10^{-7}M$.	4- لا يتحلل مائيا لان القرائن الناتجة منه ضعيفة.
5- عندما تضاف الى الماء المقطر يكون ΔPH = صفراً .	6- متعادلة التأثير على الدلائل الكيميائية.

أن من الامثلة على هذه الاملاح:



KCl ، NaCl ، NaBr ، K_2SO_4 NaI

علل/ ان الاملاح المشتقة من حوامض قوية وقواعد قوية تكون محاليلها متعادلة؟

ج/ وذلك لان هذه الاملاح مشتقة من حامض قوي وقاعدة قوية وان ليس لأيوناتها الموجبة و السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

علل/ عند ذوبان الاملاح المشتقة من حوامض قوية وقواعد قوية في الماء يكون المحلول الناتج ذا صفة متعادلة؟

ج/ وذلك لان ليس لأيوناتها الموجبة والسالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

علل/ ان الاملاح المتعادلة مثل NaCl لا تؤثر على PH الماء؟ صيغة ثانية
عند اذابة ملح NaCl في الماء يكون المحلول الناتج ذا صفة متعادلة؟

ج/ وذلك لأنه ملح مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة قوية NaOH حيث ان ليس لأيوناته الموجبة والسالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

حيث انه يكونا قرائن ضعيفة لاتتفاعل مع جزيئات الماء

$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$

$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$

س/ يكون المحلول المائي للملح NaCl متعادلاً لأنه ملح مشتق من حامض قوي و قاعدة قوية.

ملاحظة هذا النوع من الاملاح لا يحتوي على قوانين ولا مسائل لان قيمة PH له معلومة وتساوي 7 .

س5/ (اختر الجواب الصحيح نقطة 2) التراكيز المولارية لأيونات Na^+ و SO_4^{-2} في محلول مائي من كبريتات الصوديوم تركيزه $0.4\ M$ هي:

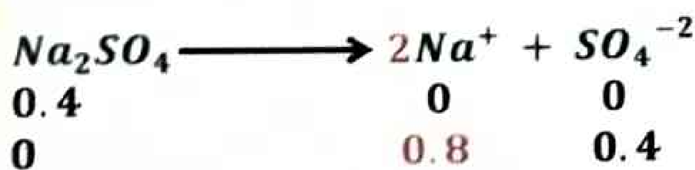
أ) $[Na^+] = 0.4\ M \quad [SO_4^{-2}] = 0.4\ M$

ب) $[Na^+] = 0.2\ M \quad [SO_4^{-2}] = 0.4\ M$

جـ) $[Na^+] = 0.8\ M \quad [SO_4^{-2}] = 0.4\ M$

ان هذا الملح انه ملح متعادل (ذائب في الماء) يعامل معاملة القوي (سهم واحد) تأين تام يمكن ايجاد تركيزه بسهولة

التوضيح



$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$

0.4	0	0
0	0.8	0.4

اذا الجواب فرع جـ $[Na^+] = 0.8\ M \quad [SO_4^{-2}] = 0.4\ M$

02 النوع الثاني: أملاح مشتقة من حوامض ضعيفة وقواعد ضعيفة.

لم يتطرق الكتاب الى شرح هذا النوع حيث تم ذكره فقط.

يكون هذا الملح متعادل بشرط K_a للحامض الضعيف = K_b للقاعدة الضعيفة **مثال عليه:**

Ex: CH_3COONH_4 خلات الامونيوم

03 النوع الثالث: أملاح مشتقة من حوامض ضعيفة و قواعد قوية (أملاح قاعدية).

صفات هذا النوع من الاملاح	
1- محاليلها المائية قاعدية.	2- $PH > 7$.
3- $OH^- > H^+$.	4- يتحلل مائيا معطيا: ايون سالب (قاعدة قرينة قوية من اصل حامض ضعيف) . ايون موجب (حامض قرين ضعيف من اصل قاعدة قوية) .
5- يعطي K_a في السؤال.	6- ان اسم الملح تابع للقوي والقوانين تابعة للضعيف.
7- ينتهي اسم الملح بمقطع (ـيوم).	8- املاح قاعدية التأثير على الدلائل الكيميائية.
9- عندما تضاف الى الماء المقطر يكون ΔPH موجب الإشارة.	

ان من الامثلة على هذا النوع من أملاح:

1- خلات الصوديوم CH_3COONa.

2- سيانيد البوتاسيوم KCN.

3- فلوريد البوتاسيوم KF .

4- سيانيد الصوديوم $NaCN$.

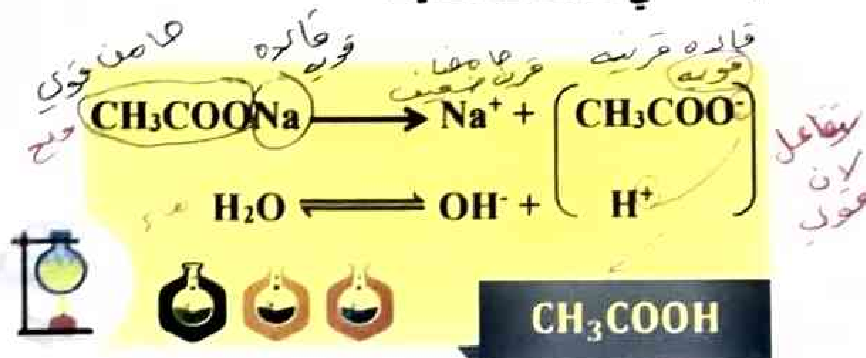
5- خلات البوتاسيوم CH_3COOK

والاكثر شيوعاً هو CH_3COONa خلات الصوديوم.

علل/ عند ذوبان ملح خلات الصوديوم CH_3COONa في الماء يتكون محلول قاعدي؟

علل/ عند ذوبان الاملاح المشتقة من حوامض ضعيفة وقواعد قوية في الماء يكون المحلول الناتج ذا صفة قاعدية؟

ج/ وذلك لأنه عند ذوبان هذا الملح في الماء سوف يتفاعل الجزء السالب من الملح CH_3COO^- مع الجزء الموجب من الماء H^+ لتكوين الحامض الضعيف CH_3COOH فيتبقى زيادة من OH^- العائد للماء فتزداد الصفة القاعدية كما في المعادلات التالية:



ملاحظة: عند ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء تزداد قيمة PH لانه سوف يتكون محلول قاعدي $PH > 7$.

القوانين الخاصة بالأملاح المشتقة من حامض ضعيف وقاعدة قوية:

(1) $PH = \frac{1}{2}[PK_W + PK_a + Log\ C]$

(2) $[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times K_a}{C}}$

(3) $Kh = \frac{K_W}{K_a}$ او $P_{Kh} = P_{Kw} - PK_a$

حيث أن:

PH: الاس الهيدروجيني.	C : تركيز الملح.
K_W : الحاصل الايوني للماء = 1×10^{-14}.	K_h: ثابت التحلل المائي.
K_a: ثابت التفكك للحامض الضعيف.	

ملاحظة: ان العلاقة بين Ka و K_h هي علاقة عكسية.

ملاحظة مهمة: يمكن ان نتعرف على هذا الملح القاعدي من خلال الصفات المذكورة سابقا.

مثال10 ما قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم اذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ وثابت الحاصل الايوني للماء $K_W = 1.0 \times 10^{-14}$ ؟

الحل: ملح خلات الصوديوم هو ملح مشتق من حامض ضعيف CH_3COOH وقاعدة قوية NaOH اذا يحسب ثابت التحلل المائي من العلاقة التالية:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$



مثال 11 أحسب قيمة PH محلول لملح خلات الصوديوم تركيزه 0.01 M في درجة حرارة 25 C° ؟ علما بأن قيمة $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$.

$*K_w = 1 \times 10^{-14}$

الحل: نحسب PH للملح القاعدي من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_W + PKa + Log\ C]$$

لكن يجب ان نستخرج PK_W و PKa و Log C

$$PK_W = -\ Log\ K_W$$
$$PK_W = -\ Log\ 1 \times 10^{-14}$$
$$PK_W = -(Log\ 1 + Log\ 10^{-14})$$
$$PK_W = -\ (0 - 14) = 14$$

$PKw = -\log Kw = -\log 10^{-14}$, $PKw = +14$

C* تركيز الملح
PH الاس الهيدروجيني
Ka ثابت التفكك للحمض الضعيف
Kh ثابت التحلل المائي

log 1.8 = 0.26

$$PK_a = -\ Log\ K_a$$
$$PK_a = -\ Log 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_a = -\ (Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_a = -(\ 0.26\ - 5) \Rightarrow PK_a = -\ (-4.74) \Rightarrow PK_a = 4.74$$

$$Log\ C = Log\ 1 \times 10^{-2}$$
$$Log\ C = Log\ 1 + Log\ 10^{-2}$$
$$Log\ C = 0 - 2 \Rightarrow Log\ C = -2$$

اصبح القانون جاهز

$$PH = \frac{1}{2}[PK_W + PK_a + Log\ c]$$
$$PH = 0.5[14 + 4.74 + (-2)]$$
$$PH = 0.5[18.74 - 2]$$
$$PH = 0.5\ [16.74] \Rightarrow PH = 8.37$$

طريقة اخرى للحل

يمكن ايجاد تركيز H^+ ثم حساب PH .

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times K_a}{C}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 1.8 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-2}}} = 3 \times 10^{-9}$$

$$PH = -Log[H^+]$$
$$PH = -Log\ 3 \times 10^{-9}$$
$$PH = -(Log\ 3 + Log 10^{-9})$$
$$PH = -(0.47\ - 9)$$
$$PH = -(-\ 8.523) \Rightarrow PH = 8.52$$

تمرين 10 احسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCN تركيزه 0.1 mol/L وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟ $Ka(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$

الحل: سوف نقوم باستخراج H^+ من القانون:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times Ka}{C}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 4.9 \times 10^{-10}}{0.1}} = \sqrt{\frac{4.9 \times 10^{-24}}{1 \times 10^{-1}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{4.9 \times 10^{-23}}$$

$$[H^+] = \sqrt{49 \times 10^{-24}}$$

$$[H^+] = 7 \times 10^{-12} M$$

C = 0.1 M
KCN — OH = ?
Ka = 4.9 × …

الان نستخرج OH^- من العلاقة

قاعدي لان OH اكبر من H

$$K_w = [H^+] \times [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{7 \times 10^{-12}} = 0.142 \times 10^{-2} = 1.42 \times 10^{-3} M$$

$\therefore [OH^-] > [H^+]$
∴ المحلول قاعدي

04 النوع الرابع: املاح لحوامض قوية وقواعد ضعيفة (املاح حامضية) .

صفات هذا النوع من الاملاح	
1- محاليلها المائية حامضية.	2- $PH < 7$.
3- $OH^- < H^+$.	4- يتحلل مائيا معطيا: ايون سالب (قاعدة قرينة ضعيفة من اصل حامض قوي) . ايون موجب (حامض قرين قوي من اصل قاعدة ضعيفة) .
5- يعطي K_b في السؤال.	6- ان اسم الملح تابع للقوي والقوانين تابعة للضعيف.
7- ينتهي اسم الملح بمقطع (ـــنيوم).	8- املاح حامضية التأثير على الدلائل الكيميائية.
9- عندما تضاف الى الماء المقطر تكون ΔPH سالبة الإشارة.	

ان من الامثلة على هذا النوع من الاملاح:

-1 كلوريد الامونيوم NH_4Cl .

-2 نترات الامونيوم NH_4NO_3 .

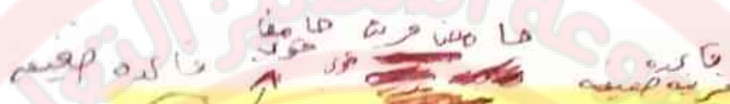
-3 كلوريد البيريدينيوم C_5H_5NHCl .

Ka +Pka+

علل/ عند ذوبان الاملاح المشتقة من حوامض قوية وقواعد ضعيفة في الماء يكون المحلول الناتج ذا صفة حامضية؟

علل/ عند ذوبان ملح كلوريد الامونيوم NH_4Cl في الماء ينتج محلول ذا صفة حامضية؟

ج / وذلك لأنه عند ذوبان هذا الملح في الماء سوف يتفاعل الجزء الموجب من الملح NH_4^+ مع الجزء السالب من الماء OH^- لتكوين القاعدة الضعيفة عندها سيتبقى زيادة H^+ العائد للماء فتزداد الحامضية كما في المعادلات الاتية:



عند ذوبان هذا النوع من الاملاح في الماء تقل قيمة PH لأنه سوف يتكون محلول حامضي $PH < 7$.

القوانين الخاصة بالأملاح المشتقة من حوامض قوية وقواعد ضعيفة:

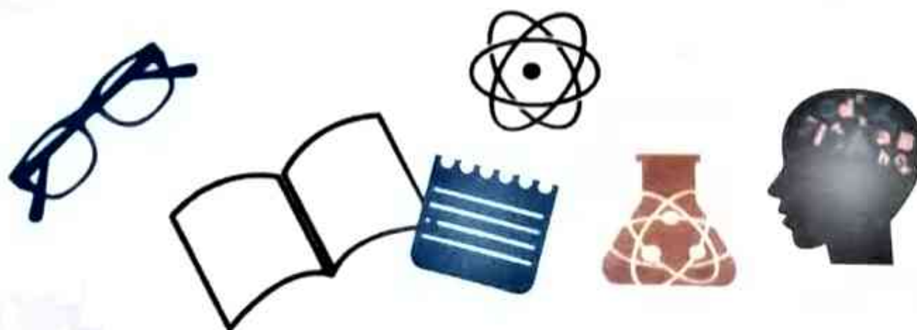
1) $PH = \frac{1}{2}[PKw - PKb - \log C]$

2) $[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{K_b}}$

3) $Kh = \frac{Kw}{K_b}$ or $PKh = PKw - PK_b$

ملاحظة ان العلاقة بين K_a و K_h هي علاقة عكسية.

ملاحظة مهمة يمكن ان نتعرف على هذا الملح الحامضي من خلال الصفات المذكورة سابقا.



مثال 12 كم هي قيمة PH محلول كلوريد الامونيوم تركيزه 0.2 mol/L اذا علمت ان قيمة ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $Kb(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: سوف نقوم بأستخراج PH من القانون.

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PKb - \log C]$$

لكن في البداية يجب ان نوفر PKw و PKb و log C

$$PK_w = -\log Kw$$
$$PK_w = -\log 1 \times 10^{-14}$$
$$PK_w = -(\log 1 + \log 10^{-14})$$
$$PK_w = -(0 - 14) \Rightarrow PK_w = 14$$

$$PK_b = -\log Ka$$
$$PK_b = -\log 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_b = -(\log 1.8 + \log 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5)$$
$$PK_b = -(-4.74) \Rightarrow PK_b = 4.47$$

$\log 1.8 = 0.26$

$$\log C = \log 2 \times 10^{-1}$$
$$\log C = (\log 2 + \log 10^{-1})$$
$$\log C = (0.3 - 1) \Rightarrow \log C = (-0.7) \Rightarrow \log C = -0.7$$

اصبح القانون جاهز

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PKb - \log C]$$
$$PH = 0.5[14 - 4.74 - (-0.7)]$$
$$PH = 0.5[9.26 + 0.7]$$
$$PH = 0.5[9.96] \Rightarrow PH = 4.98$$

طريقة ثانية للحل

يمكن ايجاد تركيز H^+ من العلاقة

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}}$$

ثم ايجاد PH من القانون

$$PH = -\log[H^+]$$

تكدر تجرب بنفسك وصدكني راح يطلع نفس الناتج

تمرين 11 (س 5 اختر الجواب الصحيح نقطة 4): احسب قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم (PKb = 4.74) بتركيز 0.5M هل المحلول حامضي ام قاعدي؟

الحل: في البداية سوف نقوم بحساب PH من القانون

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PKb - \log C]$$

وبما انه PKb متوفر اذا يجب ان نوفر PKw و log C

$$PK_w = -\log Kw$$
$$PK_w = -\log 1 \times 10^{-14}$$
$$PK_w = -(\log 1 + \log 10^{-14})$$
$$PK_w = -(0 - 14) \Rightarrow PK_w = 14$$

$$\log C = \log 5 \times 10^{-1}$$
$$\log C = \log 5 + \log 10^{-1}$$
$$\log C = 0.7 - 1 \Rightarrow \log C = -0.3$$

log 5 = 0.7

أصبح القانون جاهز

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PKb - \log C]$$
$$PH = 0.5[14 - 4.74 - (-0.3)]$$
$$PH = 0.5[9.26 + 0.3]$$
$$PH = 0.5[9.56] \Rightarrow PH = 4.78$$

ان المطلوب هو POH وليس PH اذا

$$PH + POH = 14$$
$$4.78 + POH = 14$$
$$POH = 14 - 4.78 \Rightarrow POH = 9.22$$

$PH < 7$, ∴ المحلول حامضي

س 3 في المحاليل المائية للمواد التالية هل يكون المحلول حامضيا او قاعديا او متعادلا؟ ولماذا؟

أ  NH_4Cl محلول حامضي لانه مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة ضعيفة NH_3 .

ب  Na_2SO_4 محلول متعادل لانه مشتق من حامض قوي H_2SO_4 وقاعدة قوية NaOH .

جـ  CH_3COOK محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف CH_3COOH وقاعدة قوية KOH

د  CaF_2 محلول قاعدي لانه مشتق من حامض ضعيف HF وقاعدة قوية $Ca(OH)_2$.

هـ  $MgSO_4$ محلول متعادل لانه مشتق من حامض قوي H_2SO_4 وقاعدة قوية $Mg(OH)_2$.

و  KCl محلول متعادل لانه مشتق من حامض قوي HCl وقاعدة قوية KOH .

س16 احسب قيمة PH و $[OH^-]$ لمحاليل الاملاح التالية:
1) 0.1M سيانيد الصوديوم NaCN ؟ 2) 0.25M نترات الامونيوم NH_4NO_3 ؟
3) 0.5M نترات الصوديوم $NaNO_3$؟
علما ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5} و $Ka(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$ ؟

الحل: 1- NaCN هو ملح قاعدي مشتق من حامض ضعيف + قاعدة قوية اذا سوف نستخرج PH من القانون.

$$PH = \frac{1}{2}[PKw + PKa + \log C]$$

ان القانون غير جاهز اذا يجب ان نستخرج PKw و PKa و log C

$PK_w = -\log Kw$
$PK_w = -\log 1 \times 10^{-14}$
$PK_w = -(\log 1 + \log 10^{-14})$
$PK_w = -(0 - 14) \Rightarrow PK_w = 14$

$PK_a = -\text{Log } K_a$
$PK_a = -\text{Log } 4.9 \times 10^{-10}$
$PK_a = -[\text{Log } 4.9 + \text{Log } 10^{-10}]$
$PK_a = -[0.7 - 10] \Rightarrow PK_a = -[-9.3] \Rightarrow PK_a = 9.3$

log 4.9 = 0.7

$\text{Log } C = \text{Log } 1 \times 10^{-1}$
$\text{Log } C = \text{Log } 1 + \text{Log } 10^{-1}$
$\text{Log } C = 0 - 1 \Rightarrow \text{Log } C = -1$

الان أصبح القانون جاهز

$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + \text{Log}C]$
$PH = 0.5[14 + 9.3 - 1]$
$PH = 0.5[23.3 - 1]$
$PH = 0.5[22.3] \Rightarrow PH = 11.15$

ولاستخراج OH يجب ان نستخرج POH

$PH + POH = 14$
$11.15 + POH = 14$
$POH = 14 - 11.15 \Rightarrow POH = 2.85$

الان نستخرج OH

$[OH^-] = 10^{-POH}$
$[OH^-] = 10^{-2.85} \times 10^{+3} \times 10^{-3}$
$[OH^-] = 10^{-2.85+3} \times 10^{-3}$
$[OH^-] = 10^{0.15} \times 10^{-3}$
$[OH^-] = 1.43 \times 10^{-3}$

log 1.43 = 0.15

نشاط: فكر معي هل يمكن استخراج OH بطريقة أخرى! جرب بنفسك.

2) 0.25 M نترات الامونيوم NH_4NO_3 .

أن NH_4NO_3 هو ملح حامضي لأنه مشتق من حامض قوي و قاعدة ضعيفة حيث سوف نستخرج PH من القانون.

$$PH = \frac{1}{2}[PK_W - PK_b - Log\ C]$$

لكن في البداية يجب ان نوفر PK_W و PK_b و Log C

$PK_w = -LogK_W$

$PK_w = -Log\ 1 \times 10^{-14}$

$PK_w = -(Log\ 1 + Log\ 10^{-14})$

$PK_w = -(0 - 14) \Rightarrow PK_w = 14$

ولاستخراج OH^- يجب ان نستخرج POH

$PH + POH = 14$

$4.92 + POH = 14$

$POH = 14 - 4.92 \Rightarrow POH = 9.08$

الان نستخرج OH^- من القانون

$[OH^-] = 10^{-POH}$

$[OH^-] = 10^{-9.08} \times 10^{+10} \times 10^{-10}$

$[OH^-] = 10^{-9.08+10} \times 10^{-10}$

$[OH^-] = 10^{0.92} \times 10^{-10}$

$[OH^-] = 8.5 \times 10^{-10}\ M$

log 8.5 = 0.92

$PK_b = -Log\ K_b$

$PK_b = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$

$PK_b = -(Log\ 1.8 \times Log\ 10^{-5})$

$PK_b = -(0.26 - 5) \Rightarrow PK_b = -(-4.74) \Rightarrow PK_b = 4.74$

log 1.8 = 0.26

$Log\ C = Log\ 25 \times 10^{-2}$

$Log\ C = Log\ 25 + Log\ 10^{-2}$

$Log\ C = (Log\ 5^2) + Log\ 10^{-2}$

$Log\ C = (2 \times Log\ 5) + Log\ 10^{-2}$

$Log\ C = (2 \times 0.7) - 2$

$Log\ C = 1.4 - 2 \Rightarrow Log\ C = -0.6$

انتبهلي على Log 25

log 5 = 0.7

أصبح القانون جاهز

$PH = \frac{1}{2}[PK_W - PK_b - Log\ C]$

$PH = 0.5[14 - 4.74 - (-0.6)]$

$PH = 0.5[9.25 + 0.6]$

$PH = 0.5[9.85] \Rightarrow PH = 4.92$

3) 0.5 M من نترات الصوديوم $NaNO_3$.

ن هذا الملح مشتق من حامض قوي و قاعدة قوية أي انه متعادل و $PH = 7$ و $[OH^-] = 10^{-7}\ M$.

ملاحظة اللوغارتمات تعطى لك في السؤال بس للأمان اكثر احفظ أول عشر لوغارتمات.

ملخص قوانين الاملاح

الملح القاعدي	الملح الحامضي
# يكون مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية لذلك سمي (بالملح القاعدي) .	# يكون مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة لذلك سمي (بالملح الحامضي).
# يمكن معرفته من خلال السؤال وذلك باعطاء K_a للحامض الضعيف.	# يمكن معرفته من خلال السؤال وذلك بأعطاء K_b للقاعدة الضعيفة.
# يكون PH له اكبر من 7 .	# يكون PH له اقل من 7 .
# القوانين	# القوانين
$PH = \frac{1}{2}[PK_W + PK_a + LogC]$	$PH = \frac{1}{2}[PK_W - PK_b - LogC]$
$[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times K_a}{C}}$	$[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \times C}{K_b}}$
$Kh = \frac{K_W}{K_a}$	$Kh = \frac{K_W}{K_b}$
تذكر دائماً ان PK_W يساوي 14	تذكر دائماً ان PK_W يساوي 14

قانون التخفيف:

عند أضافة حجم معين من مادة قد تكون (حامض أو قاعدة) الى حجم معين من الماء عندها سوف يتغير تركيز تلك المادة ولغرض ايجاد تركيز تلك المادة بعد الاضافة سوف نطبق قانون يعرف بقانون التخفيف.

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

(قبل التخفيف) (بعد التخفيف)

حيث ان:

M_1: هو تركيز المادة قبل الإضافة (التركيز الابتدائي).	V_1: حجم المادة قبل الإضافة (الحجم الابتدائي).
M_2: تركيز المادة بعد الاضافة (التركيز المطلوب إيجاده) .	V_2: يمثل حجم الماء + حجم المادة (حجم الماء + حجم المادة = V_2)

ملاحظة جداً مهمة عن V_2

عند أضافة حجم صغير جداً (10 ml – 1 ml) الى حجم كبير (10L – 1L) فان الحجم الصغير يهمل عندها سيكون V_2 يمثل الحجم الكبير فقط (وذلك لسهولة الحل) .

مثال عام عند أضافة 2 ml من HCl تركيزه 5 M الى 1 لتر من الماء ، جد تركيز HCl النهائي (بعد الاضافة)؟

الحل: نطبق قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

نحول حجم HCl الى اللتر بقسمته على 1000

$$V_1 = \frac{2}{1000} = 0.002\ L$$

نعوض في القانون

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$5 \times 0.002 = M_2 \times 1$$
$$M_2 = 0.01\ M$$

نلاحظ ان V_2 يمثل حجم الماء فقط اي اننا اهملنا حجم HCl 2 ml لانه صغير جداً مقارنة مع حجم الماء .

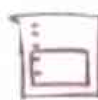
التغير في الاس الهيدروجيني ΔPH

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

التغير في الاس الهيدروجيني

قيمه PH بعد بعد الاضافة

اذا كان ماء فأن $PH_1 = 7$ اما اذا كان حامض او قاعدة فنجده من المعطيات





CHEMISTRY

Ba Mg

س2 جد مقدار التغير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل الاتية:

1) 1 ml من HCl تركيزه 10 M ؟

2) 1 ml من NaOH تركيزه 10 M ؟

الحل:

1- 1 ml من HCl تركيزه 10 M .

نحول وحدة الحجم لـ HCl من ml الى لتر بقسمته على 1000

$$V_{HCl} = \frac{1}{1000} = 0.001\,L$$

نطبق القانون

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$10 \times 0.001 = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 0.01\,M$$

نكتب معادلة تفكك الحامض



$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

0.01	0	0
0	0.01	0.01

$$\therefore [H^+] = 0.01 = 1 \times 10^{-2}\ M$$

نستخرج PH الحامض من العلاقة

$$PH = -Log[H^+]$$

$$PH = -Log1 \times 10^{-2}$$

$$PH = -(Log1 + Log10^{-2})$$

$$PH = -(0 - 2) \Rightarrow PH = 2$$

بما ان الاضافة للماء، أذا $(PH_1 = 7)$ وان $PH_{HCl} = 2$ نستخرج ΔPH من العلاقة

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 2 - 7 \Rightarrow \Delta PH = -5$$

ΔPH سالبة ... لان المضاف محلول حامضي

(2- $1\ ml$ من $NaOH$ تركيزه $10\ M$.

نحول وحدة حجم $NaOH$ من ml الى لتر $V = \frac{1}{1000} = 0.001\ M$

نطبق القانون

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$10 \times 0.001 = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 0.01\ M$$

نكتب معادلة تفكك القاعدة القوية $NaOH$

$NaOH$  $Na^+ + OH^-$

0.01	0	0
0	0.01	0.01

$\therefore [OH^-] = 0.01 = 1 \times 10^{-2}$

من خلال OH^- نستخرج H^+ وثم PH

$$K_W = [H^+][OH^-]$$

$$1 \times 10^{-14} = [H^+][1 \times 10^{-2}]$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12}\ M$$

$PH = -Log[H^+]$

$PH = -Log\,1 \times 10^{-12}$

$PH = -(Log1 + Log10^{-12})$

$PH = -(0 - 12) \Rightarrow PH = 12$

ان هذا الـ PH يعتبر PH_2 وان PH للماء يساوي 7 اذا نطبق قانون ΔPH

ΔPH موجبة لأن المضاف محلول قاعدي

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 12 - 7 \Rightarrow \Delta PH = 5$

نلاحظ التركيز بعد التخفيف يقل !

س28 احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف $1\ ml$ من $13.6\ M$ حامض الهيدروكلوريك الى لتر بالماء؟

(الحل): نحول وحدة الحجم من ml الى L لـ HCl $V_{Hcl} = \frac{1}{1000} = 0.001L$

نطبق قانون التخفيف لإيجاد التركيز بعد التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$13.6 \times 0.001 = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 1.36 \times 10^{-2}M$$

نكتب معادلة تفكك الحامض

HCl  $H^+ + Cl^-$

1.36×10^{-2}	0	0
0	1.36×10^{-2}	1.36×10^{-2}

$\therefore [H^+] = 1.36 \times 10^{-2}M$

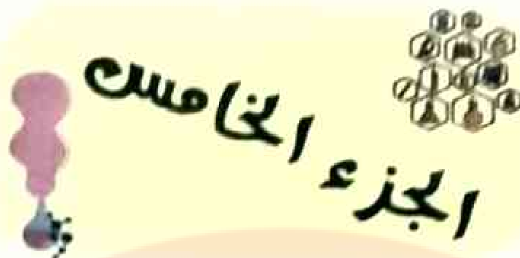
نستخرج PH علما ان $\log 1.36 = 0.133$

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -\log 1.36 \times 10^{-2}$

$PH = -(\log 1.36 + \log 10^{-2})$

$PH = -(0.133 - 2) \Rightarrow PH = -(-1.867) \Rightarrow PH = 1.867$



الايون المشترك: وهو محلول مائي يحتوي على مذابين (احدهما الالكتروليت الضعيف) يتشابهان في احتوائهما على ايون مشترك.

تأثير الايون المشترك: هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف الناتجة عن وجود الكتروليت قوي يحوي احد ايونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول.

مثال عن الايون المشترك:



في المثال السابق ان A^- هو الايون المشترك.

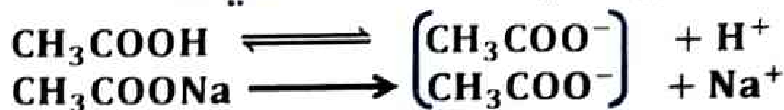
س/ ما أهمية الايون المشترك؟

ج:

1- في الكيمياء التحليلية (ترسيب الايونات)	2- التحكم في قيمة PH المحاليل.	3- تحضير المحاليل المنظمة (محاليل بفر)

هناك نوعان من الايون المشترك
(محاليل بفر)

1- ايون مشترك لحامض ضعيف + ملحه القاعدي

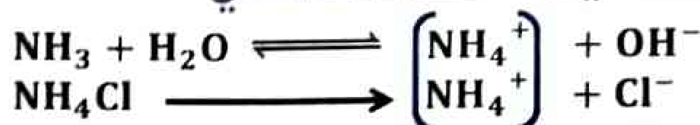


$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

القوانين:

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \quad , \quad [H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

2- ايون مشترك لقاعدة ضعيفة + ملحها الحامضي



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

القوانين:

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]} \quad , \quad [OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

مثال 14 احسب تركيز ايون H^+ و PH لمحلول مكون من مزيج من 0.1 M حامض الخليك و 0.2 M خلات الصوديوم؟ علما ان $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحل: هنا محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه اذا يمكن استخراج ايون H^+ من القانون.

$$[H^+] = K_A \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{(0.1)}{(0.2)} \Rightarrow [H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times 0.5$$

$$[H^+] = 0.9 \times 10^{-5} = 9 \times 10^{-6}\ M$$

ولحساب PH نقوم بأخذ سالب لوغارتم لـ H^+

$$PH = -Log[H^+]$$

$$PH = -Log\, 9 \times 10^{-6}$$

$$PH = -(Log\, 9 + Log\, 10^{-6})$$

$$PH = -(0.954 - 6) \quad PH = -(-5.046) \Rightarrow PH = 5.046$$

log 9 = 0.954

كما ويمكن حساب PH من القانون

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

مثال 15 ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي على امونيا بتركيز 0.1 M لتكون قيمة PH المحلول تساوي 9.0 ؟ $(PK_b = 4.74)$

الحل: بما انه المحلول يحتوي على قاعدة ضعيفة وملحها اذا سيكون القانون كالتالي:

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

لحساب تركيز الملح NH_4Cl (salt) نحتاج الى POH .

$$PH + POH = 14$$

$$9 + POH = 14$$

$$POH = 14 - 9 \Rightarrow POH = 5$$

نطبق القانون

$$POH = PK_b + Log\frac{[NH_4Cl]}{[NH_3]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH_4Cl]}{(0.1)}$$

$$5 - 4.74 = Log\frac{[NH_4Cl]}{(0.1)}$$

$$0.26 = Log\frac{[NH_4Cl]}{(0.1)} \Rightarrow log\ 1.8 = log\ \frac{[NH_4Cl]}{0.1}$$

log 1.8 = 0.26

$$1.8 = \frac{[NH_4Cl]}{0.1} \Rightarrow [NH_4Cl] = 1.8 \times 0.1 = 0.18\ mole/L$$

لقد عوضنا Log 1.8 بدل 0.26 وذلك لكي نختصر Log مع Log .

س14 اذا كان هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو $PH = 9.0$ من مزج NH_3 مع NH_4Cl كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ علما بأن $PK_b = 4.74$ ؟

الحل: بما انه المحلول يتكون من قاعدة ضعيفة وملحها اذا القانون.

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

اذا يجب ان نستخرج PH من POH

$$PH + POH = 14$$

$$9 + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 9 \quad POH = 5$$

اصبح القانون جاهز

$$POH = PK_b + Log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$5 - 4.74 = Log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 0.26 = Log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$log\ 1.8 = 0.26$

$$Log\ 1.8 = Log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1.8$$

تمرين 14 ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة للحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز $0.3\ mol/L$ اذا علمت ان قيمة PH المحلول كانت تساوي 4.31 اذا علمت ان $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: لأيجاد تركيز حامض الخليك سوف نستخدم العلاقة التالية:

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

نقوم باستخراج PK_a من K_a

$$PK_a = -Log\ K_a$$

$$PK_a = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$

$$PK_a = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PK_a = -(0.26 - 5) \Rightarrow PK_a = -(-4.74) \Rightarrow PK_a = 4.74$$

اصبح القانون جاهز

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.31 = 4.74 + Log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$4.31 - 4.74 = Log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$-0.43 = Log\frac{0.3}{[acid]}$$

$log\ 0.37 = -0.43$

$$Log\ 0.37 = Log\frac{0.3}{[acid]} \Rightarrow 0.37 = \frac{0.3}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{0.3}{0.73} \Rightarrow [acid] = 0.81\ M$$

تمرين 13 احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز $0.15\ mole/L$ و NH_4Cl بتركيز $0.3\ mol/L$ وقارن النتيجة مع PH لمحلول الامونيا ذي تركيز $0.15\ M$ علما بأن $PK_b = 4.74$ ؟

الحل: ان السؤال هو بفر لقاعدة ضعيفة وملحها اذا نقوم بحساب PH من القانون.

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$
ايون مشترك

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{(0.3)}{(0.15)}$$

$$POH = 4.74 + Log\,2 \Rightarrow POH = 4.74 + 0.3 \Rightarrow POH = 5.04$$

ان المطلوب في السؤال هو PH وليس POH اذا

$$PH + POH = 14$$

$$PH + 5.04 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 5.04 \Rightarrow PH = 8.96$$

الان نقوم بحساب PH لمحلول الامونيا وحدها



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.15	0	0
0.15 − X	X	X

الان لدينا PK_b ونحن نحتاج K_b اذا

$$K_b = 10^{-PK_b}$$

$$K_b = 10^{-4.74} \times 10^{+5} \times 10^{-5}$$

$$K_b = 10^{-4.74+5} \times 10^{-5}$$

$$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5} \Rightarrow K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

log 1.8 = 0.26

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.15}$$

$$x^2 = 0.27 \times 10^{-5} = 2.7 \times 10^{-6}$$

$$x^2 = 2.7 \times 10^{-6}$$ بالجذر

$$x = [OH^-] = 1.6 \times 10^{-3}\ M$$

نقوم باستخراج POH ثم PH

log 1.6 = 0.2

$$POH = -Log[OH^-]$$

$$POH = -Log\,1.6 \times 10^{-3}$$

$$POH = -(Log\,1.6 + Log\,10^{-3})$$

$$POH = -(0.2 - 3) \Rightarrow POH = -(-2.8) \Rightarrow POH = 2.8$$

نقوم باستخراج PH

$$PH + POH = 14$$

$$PH + 2.8 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 2.8 \Rightarrow PH = 11.2$$

وعندما يطلب ΔPH (التغير في الاس الهيدروجيني) نقوم بالتالي:

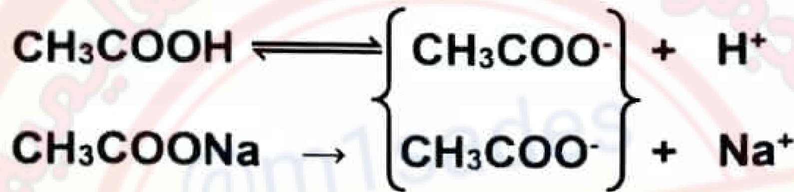
$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 11.2 - 8.96 \Rightarrow \Delta PH = 2.24$$

س12 احسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M = 82\ g/mole)$ اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول $0.125\ M$ حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH له تساوي 4.74 علما ان ثابت تفكك حامض الخليك 1.8×10^{-5} ؟

الحل: ان المطلوب في السؤال هي الكتلة (m) وان الكتلة تستخرج من القانون.

$$m = M \times M \times V$$

ان الحجم V والكتلة المولية M متوفران في السؤال يبقى فقط التركيز المولاري للملح غير متوفر اذا يجب ان نستخرجه



$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + Log\frac{[CH_3COONa]}{0.125}$$

$$4.74 - 4.74 = Log\frac{[CH_3COONa]}{0.125}$$

$$0 = Log\frac{[CH_3COONa]}{0.125}$$

log 1= 0

$$Log\ 1 = Log\frac{[CH_3COONa]}{(0.125)}$$

$$1 = \frac{[CH_3COONa]}{0.125}$$

$$\therefore [CH_3COONa] = 0.125\ M$$

اصبح القانون جاهز

$$m = M \times M \times V$$

$$m = 0.125 \times 82 \times 1$$

$$m = 10.25\ g$$

س18 احسب كتلة كلوريد الامونيوم $(M = 53.5\ g/mole)$ الواجب اضافتها الى 500 ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH تساوي 9 علما ان ثابت تفكك الامونيا 1.8×10^{-5}

الحل: نحسب الكتلة للملح من القانون

$$m = M \times M \times V$$

يجب تحويل الحجم الى وحدة اللتر

$$V = \frac{500}{1000} = 0.5\ L$$

ولاستخراج التركيز المولاري نطبق القانون

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

لكن ان POH و PK_b غير متوفرين اذا نستخرج POH من PH

$$PH + POH = 14$$

$$9 + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 9 \Rightarrow POH = 5$$

نقوم باستخراج PK_b

log 1.8 = 0.26

$$PK_b = -Log\ K_b$$

$$PK_b = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$

$$PK_b = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PK_b = -(0.26 - 5) \Rightarrow PK_b = -(-4.74) \Rightarrow PK_b = 4.74$$

ولاستخراج التركيز المولاري للملح نطبق القانون

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$5 - 4.74 = Log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$0.26 = Log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$\cancel{Log}\ 1.8 = \cancel{Log}\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$1.8 = \frac{[NH_4Cl]}{0.15} \Rightarrow [NH_4Cl] = 1.8 \times 0.15 \Rightarrow [NH_4Cl] = 0.27\ M$$

نطبق القانون التالي لاستخراج الكتلة

$$m = M \times M \times V$$

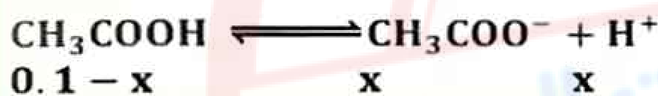
$$m = 0.27 \times 53.5 \times 0.5 \Rightarrow m = 7.22\ g$$

ظاهرة تأثير الايون المشترك

مثال 13 ما التأثير الذي تحدثه اضافة 8.2 g (0.1 mole) من ملح خلات الصوديوم CH_3COONa الى لتر واحد من محلول حامض الخليك بتركيز 0.1 mol/L على تركيز ايون H^+ عند 25C° علما بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: بما انه يطلب التأثير على تركيز H^+ اذا نقوم بحساب تركيز H^+ قبل اضافة الملح وبعد اضافة الملح ونقارن بين التركيز قبل الاضافة والتركيز بعد الإضافة.

نكتب معادلة تفكك الحامض الضعيف ونحسب H^+



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$0.1 - x \qquad x \qquad x$$

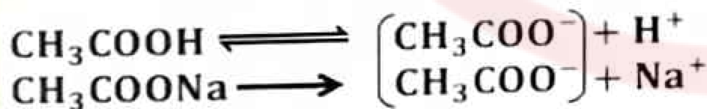
$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \text{ بالجذر}$$

$$x = H^+ = 1.3 \times 10^{-3} M$$

الان نجد تركيز الهيدروجين بعد اضافة الملح



$$CH_3COOH \rightleftharpoons [CH_3COO^-] + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow [CH_3COO^-] + Na^+$$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.1]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} M$$

وعند مقارنة تركيز $[H^+]$ في محلول الحامض قبل اضافة الملح وبعد اضافته (الايون المشترك) يتبين لنا ان التركيز قد انخفض من 1.3×10^{-3} الى 1.8×10^{-5} وهذا بسبب الايون المشترك (حسب قاعدة لو شاتليه لان الاضافة سوف ترجح التفاعل بالاتجاه الخلفي) .

تمرين 12 ما هو التأثير الناتج من اضافة 26.75 g (0.5 mole) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز 0.1 M على درجة تفكك القاعدة؟ إذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

الحل: في هذا السؤال يطلب التأثير على درجة تفكك القاعدة قبل اضافة الملح وبعد اضافة الملح اي في (الايون المشترك) .

اذا سوف نقوم باستخراج درجة تفكك القاعدة لوحدها بدون ايون مشترك

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.1	0	0
0.1 − X	X	X

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$



$$x^2 = 1.8 \times 10^{-6}$$

بالجذر

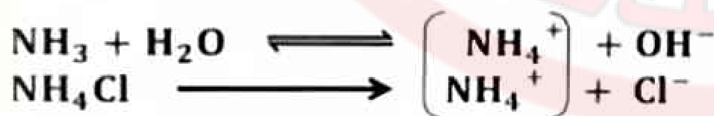
$$x = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH]$$

نستخرج درجة التفكك

$$\text{درجة التفكك} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}[OH^-]}{\text{تركيز الابتدائي}}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \Leftarrow \text{درجة التفكك} = 1.3 \times 10^{-2}$$

الان نقوم بحساب درجة التفكك بعد اضافة الملح



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.1}{0.5}$$

$$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \times 0.2 \Rightarrow [OH^-] = 3.6 \times 10^{-6} M$$

نحسب درجة التفكك لوجود الايون المشترك

$$\text{درجة التفكك} = \frac{\text{تركيز الجزء المتأين}[OH^-]}{\text{التركيز الابتدائي}}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} \Leftarrow \text{درجة التفكك} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان درجة القاعدة وحدها اكبر من درجة تفكك القاعدة بوجود الايون المشترك بسبب نقصان ايون الهيدروكسيد عند الاتزان بسبب وجود (الايون المشترك)

ان درجة تفكك القاعدة اكبر بـ 360 مرة من درجة تفكك القاعدة بوجود الايون المشترك

لحساب الفرق بين درجة تفكك الاولى والثانية نطبق القانون

$$\text{الفرق في درجة التفكك} = \frac{\text{درجة التفكك الاولى}}{\text{درجة التفكك الثانية}}$$

$$\text{الفرق في درجة التفكك} = \frac{1.3 \times 10^{-2}}{3.6 \times 10^{-5}} = 360 \text{ مرة}$$

ملاحظات عن ظاهرة الايون المشترك

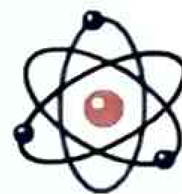
يمكن معرفة ان هذا السؤال هو ايون مشترك من خلال جملة (ما هو التأثير) .

قد يطلب التأثير على (H^+ او OH^- او درجة التفكك او النسبة المئوية لدرجة التفكك او PH او POH).

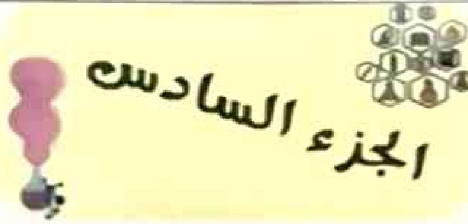
قد لا يعطي التركيز بصورة مباشرة وانما يعطي كتلة وكتلة مولية حيث نستخرج التركيز من خلال القانون.

$$M = \frac{m}{M \times V}$$









المحاليل المنظمة محاليل بفر (البفر)

البفر: وهو محلول مائي مكون من حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها حيث يكون له القابلية على مقاومة التغير في الاس الهيدروجيني PH عند اضافة كمية قليلة من حامض قوي او قاعدة قوية.

ان محاليل بفر تقسم الى قسمين:

اولاً — بفر محلولين (الايون المشترك) تم دراسته سابقا

ثانيا — بفر ثلاث محاليل

اولا: بفر محلولين (الايون المشترك) ويقسم الى نوعين:

1- حامض ضعيف + ملحه

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

2- قاعدة ضعيفة + ملحها

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

ثانيا: بفر ثلاثة محاليل:

اولا يجب ان نعرف الفرق بين بفر محلولين وبفر ثلاثة محاليل:

ان بفر محلولين يتكون من (الكتروليت ضعيف + ملحه)

اما بفر ثلاثة محاليل يتكون من (الكتروليت ضعيف + ملحه + قوي)

ان الفرق بينهم هو وجود القوي حيث يكون القوي

اما حامض مثل H_2SO_4 HCl HNO_3 ....الخ

او قاعدة مثل KOH NaOH $Ca(OH)_2$ ....الخ

يمكن تقسيم بفر ثلاثة محاليل الى اربعة اقسام:

1- حامض ضعيف + ملحه + حامض قوي

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

2- حامض ضعيف + ملحه + قاعدة قوية

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

3- قاعدة ضعيفة + ملحها + حامض قوي

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

4- قاعدة ضعيفة + ملحها + قاعدة قوية

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt] - [OH^-]}{[base] + [OH^-]}$$



$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$PH + POH = 14 \qquad K_w = [H^+] \times [OH^-]$$

$$PK_a = -Log\,K_a \quad \Rightarrow \quad K_a = 10^{-PK_a}$$

$$PK_b = -Log\,K_b \quad \Rightarrow \quad K_b = 10^{-PK_b}$$

$$PH = -Log\,[H^+] \quad \Rightarrow \quad [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -Log\,[OH^-] \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 10^{-POH}$$

تمرين 15 احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH :

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1 M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1 M .

ب) لنفس محلول بفر لكن بعد إضافة 1ml من محلول حامض الكبريتيك تركيزه 10 M .

جـ) احسب التغير الحاصل في قيمة PH وناقش النتيجة علما ان $PK_b = 4.74$.

الحل:

أ) هنا المحلول يتكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم اي قاعدة ضعيفة وملحها (بفر محلولين) ويمكن حساب PH من القانون.

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{(0.1)}{(0.1)}$$

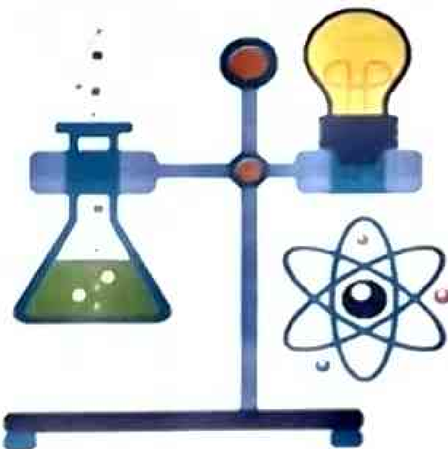
$$POH = 4.74 + Log1$$

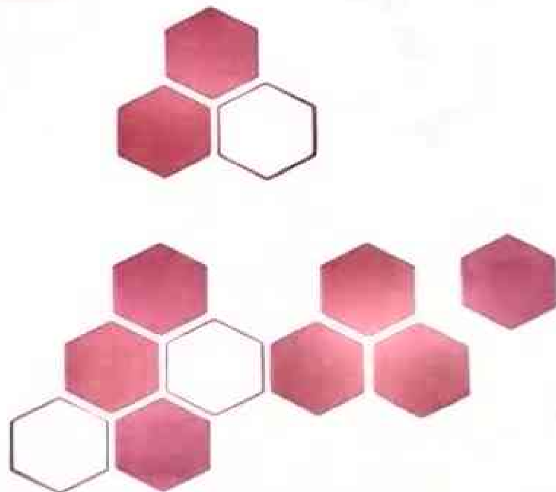
$$POH = 4.74 + 0 \quad \Rightarrow \quad POH = 4.74$$

نقوم باستخراج PH

$$PH + POH = 14$$

$$PH + 4.74 = 14 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 4.74 \quad \Rightarrow \quad PH = 9.26$$





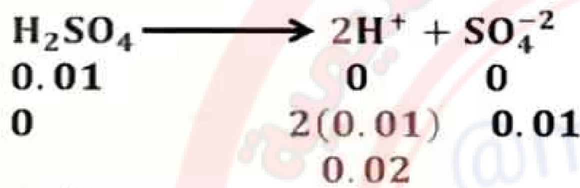
ب) الان يريد حساب PH لنفس محلول البفر لكن بعد اضافة 1ml من حامض الكبريتيك تركيزه 10 M يعني اصبح بفر (ثلاث محاليل) اذا نقوم بحساب تركيز H^+ من الحامض القوي:

بما انه اعطى حجم وتركيز اذا نقوم بحساب تركيز H_2SO_4 القوي (الجديد) بعد الاضافة من قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$10 \times \frac{1}{1000} = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 0.01\ M$$



$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

0.01	0	0
0	$2(0.01)$	0.01
	0.02	

$\therefore [H^+] = 0.02M$

نطبق القانون لاستخراج PH

$$POH = PK_b + Log\frac{[NH_4Cl] + [H^+]}{[NH_3] - [H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.1 + 0.02}{0.1 - 0.02}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.12}{0.08}$$

log 1.5 = 0.176

$$POH = 4.74 + Log\ 1.5$$

$$POH = 4.74 + 0.176 \Rightarrow POH = 4.91$$

ان المطلوب هو PH وليس POH اذا

$$PH + POH = 14$$

$$PH + 4.91 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 4.91 \Rightarrow PH = 9.08$$

ج) نحسب قيمة التغير في الاس الهيدروجيني ΔPH .

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.08 - 9.26 \Rightarrow \Delta PH = -0.18 \approx -0.2$$

المناقشة نلاحظ ان قيمة PH قد انخفض وهذا يعني ان تركيز OH^- قد قل بسبب اتحاده مع ايون H^+ التابع للحامض القوي.

مثال 16 احسب قيمة الاس الهيدروجيني PH بعد اضافة 1ml من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1 M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1 M اذا علمت ان $PK_a = 4.74$ ؟

الحل: ان المحلول يتكون من حامض ضعيف (حامض الخليك) وملحه (خلات الصوديوم) وحامض قوي (حامض الهيدروكلوريك) اي انه بفر ثلاث محاليل حيث يمكن حساب PH من القانون.

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

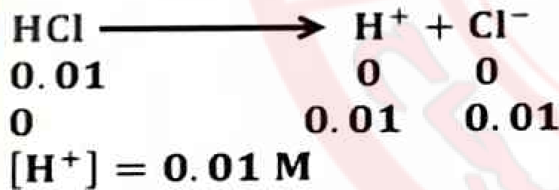
كل شيء في القانون متوفر ما عدا تركيز H^+ اذا نقوم بحساب تركيز H^+

ان تركيز الحامض القوي (HCl) غير جاهز لانه اعطى حجم و تركيز اذا نقوم بحساب تركيزه الجديد من قانون التخفيف.

$$M_1 \; V_1 = M_2 \; V_2$$

$$10 \times \frac{1}{1000} = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 0.01\ M$$



$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

0.01	0	0
0	0.01	0.01

$[H^+] = 0.01\ M$

$$PH = PK_a + Log\frac{[CH_3COONa] - [H^+]}{[CH_3COOH] + [H^+]}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.1 - 0.01}{0.1 + 0.01}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + Log\,0.81$$

log 0.81 = - 0.087

$$PH = 4.74 - 0.087 \quad \Longrightarrow \quad PH = 4.653$$

س 13

أ) ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) بتركيز 0.12 M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15 M علما ان $ka = 4.5 \times 10^{-4}$ ؟

ب) احسب قيمة PH المحلول الناتج بعد اضافة 1g من هيدروكسيد الصوديوم $(M = 40g/mole)$ الى لتر واحد من محلول بفر؟

الحل:

أ) المحلول يتكون من حامض ضعيف HNO_2 وملحه $NaNO_2$ اذا يمكن حساب قيمة PH من القانون (بفر محلولين) .

$$PH = PK_a + Log \frac{[salt]}{[base]}$$

في البداية يجب استخراج PK_a

$$PK_a = -Log\, K_a$$

$$PK_a = -Log\, 4.5 \times 10^{-4}$$

log 4.5 = 0.65

$$PK_a = -(Log\, 4.5 + Log 10^{-4})$$

$$PK_a = -(0.65 - 4) \Rightarrow PK_a = -(-3.35) \Rightarrow PK_a = 3.35$$

اصبح القانون جاهز

$$PH = PK_a + Log \frac{[NaNO_2]}{[HNO_2]}$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{0.15}{0.12}$$

$$PH = 3.35 + Log\, 1.25$$

$$PH = 3.35 + 0.096 \Rightarrow PH = 3.45$$

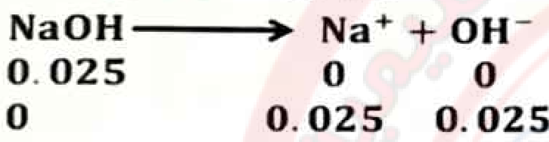
ب) ان المطلوب حساب PH بعد اضافة 1g من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) قاعدة قوية ($M = 40g/mole$) الى لتر من محلول البفر الاول اي ان الان اصبح بفر (ثلاث محاليل) ويمكن استخراج PH من القانون.

$$PH = PK_a + Log\frac{[NaNO_2] + [OH^-]}{[HNO_2] - [OH^-]}$$

لاحظ ان كل شيء في القانون متوفر عدا تركيز $[OH^-]$

بما انه اعطى كتلة وكتلة مولية وحجم اذا يجب استخراج التركيز المولاري للقاعدة القوية NaOH من القانون

$$M = \frac{m}{m \times v} = \frac{1}{40 \times 1} = 0.025\ M$$



$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

0.025	0	0
0	0.025	0.025

$\therefore [OH^-] = 0.025\ M$

الان اصبح القانون جاهز

$$PH = PK_a + Log\frac{[NaNO_2] + [OH^-]}{[HNO_2] - [OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{0.15+0.025}{0.12-0.025} \Rightarrow PH = 3.35 + Log\frac{0.175}{0.095}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{175}{95} \Rightarrow PH = 3.35 + Log\,1.84$$

$$PH = 3.35 + 0.26 \Rightarrow PH = 3.61$$

log 1.84 = 0.26

ملاحظات مهمة جدا

يمكن ايجاد تركيز القوي المضاف (حامض او قاعدة) بثلاثة طرق:

1- اذا اعطى التركيز جاهز فيعوض مباشرة في القانون.

2- اذا اعطى حجم وتركيز عندها نطبق قانون التخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2 \Rightarrow M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

3- اذا اعطى كتلة وكتلة مولية وحجم عندها نطبق القانون.

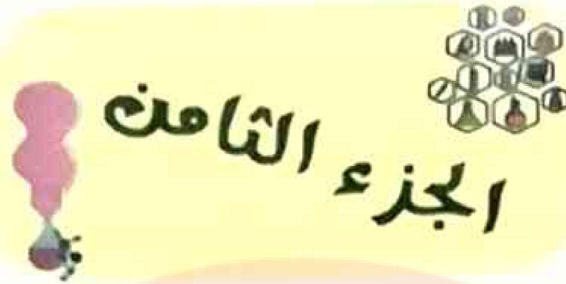
$$M = \frac{m}{M \times V}$$

اذا كان تركيز الضعيف مساوي لتركيز الملح فان.

$PH = PK_a$ و $POH = PK_b$

جميع اللوغارتمات تعطى في السؤال.

يمكن ان يعطي ΔPH ويطلب قيمة PH .



الحالات الخاصة:

01 الحالة الأولى مزج (حامض قوي مع قاعدة قوية)

خطوات حل هكذا نوع من الأسئلة:

1- نقوم بحساب تركيز الحامض الجديد بعد التخفيف من القانون.

$$M_1V_1 = M_1V_1 \quad \Longrightarrow \quad M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

2- نقوم بحساب تركيز القاعدة الجديد بعد التخفيف من القانون.

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad \Longrightarrow \quad M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

3- تذكر ان V_2 في القانونين السابقين نقطة (1 و 2) هو مجموع.

$$\left(V_2 = V_{(\text{للحامض})} + V_{(\text{للقاعدة})}\right)$$

4- نكتب معادلة تفكك الحامض القوي ونستخرج منها تركيز H^+ .

5- نكتب معادلة تفكك القاعدة القوية ونستخرج منها تركيز OH^- .

6- نطرح التركيز الأكبر من التركيز الأصغر وكالتالي:

A) اذا كان H^+ اكبر من OH^- نقوم بطرح H^+ من OH^- ثم نستخرج PH من ناتج الطرح وهذا مثال للتوضيح

$$[H^+] - [OH^-]$$
$$0.06 - 0.04 = 0.02$$

حيث نقوم بحساب PH من الناتج المطروح (0.02) .

B) اذا كان OH^- اكبر من H^+ نقوم بطرح OH^- من H^+ ثم نستخرج POH من ناتج الطرح ثم نستخرج PH (مثال للتوضيح)

$$[OH^-] - [H^+]$$
$$0.08 - 0.03 = 0.05$$

نقوم بحساب POH من الناتج المطروح (0.05) ثم نستخرج PH .

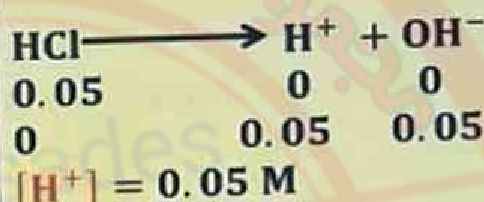
7- اما في حالة إذا كانت التراكيز متساوية فعندها يكون المحلول متعادل و PH = 7 عندها ينتهي السؤال.

س6/ ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة بإضافة 10 ml من HCl تركيزه 0.1 M الى

1- 10 ml من NaOH تركيزه 0.1 M ؟

سوف نقوم بحساب تركيز الحوامض الجديد بعد الإضافة

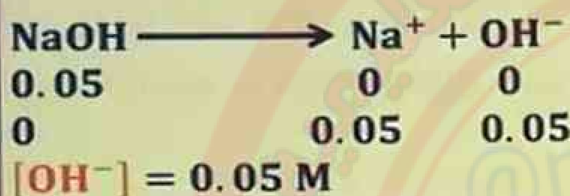
$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$0.1 \times 10 = M_2 \times (10 + 10)$$
$$1 = M_2 \times 20$$
$$M_2 = \frac{1}{20} = 0.05\ M$$



$[H^+] = 0.05\ M$

الان نقوم بحساب تركيز القاعدة الجديد

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$0.1 \times 10 = M_2(10 + 10)$$
$$1 = M_2 \times 20$$
$$M_2 = \frac{1}{20} = 0.05\ M$$



$[OH^-] = 0.05\ M$

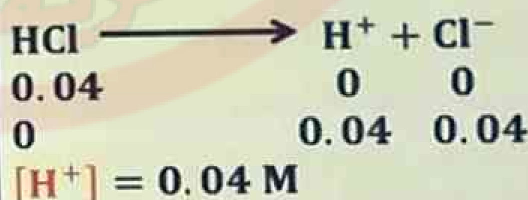
بما انه تركيز H^+ مساوي الى تركيز OH^- اذا المحلول متعادل و PH له يساوي 7

لاحظ في السؤال السابق ان V_2 يمثل مجموع حجمي الحامض والقاعدة.

2- 15 ml من NaOH تركيزه 0.1 M ؟

نقوم بحساب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

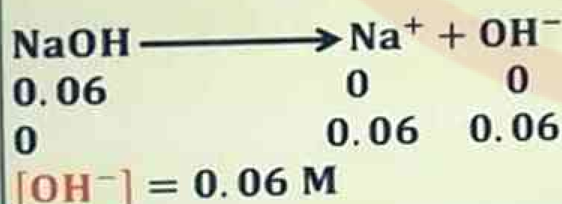
$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$0.1 \times 10 = M_2 \times (10 + 15)$$
$$1 = M_2 \times 25$$
$$M_2 = \frac{1}{25} = 0.04\ M$$



$[H^+] = 0.04\ M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$0.1 \times 15 = M_2(10 + 15)$$
$$1.5 = M_2 \times 25$$
$$M_2 = \frac{1.5}{25} = 0.06$$



$[OH^-] = 0.06\ M$

نلاحظ ان تركيز القاعدة OH أكبر من تركيز الحامض H حيث سوف نطرح H من OH وكالتالي

$$[OH^-] - [H^+]$$
$$0.06 - 0.04 = 0.02\ M$$

اذا سوف نقوم بحساب POH من (المتبقي 0.02)

$$POH = -Log[OH^+]$$
$$POH = -Log\ 2 \times 10^{-2}$$
$$POH = -(Log\ 2 + Log\ 10^{-2})$$
$$POH = -(0.3 - 2) \Rightarrow POH = -(-1.7) \Rightarrow POH = 1.7$$

$$PH + POH = 14$$
$$PH + 1.7 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 1.7 \Rightarrow PH = 12.3$$

س24/ احسب قيمة الـ PH لمحلول الناتج من مزج 26 mL من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم مع 50 ml من 0.1 M حامض الهيدروكلوريك؟

نقوم بحساب تركيز الحامض الجديد بعد الإضافة	نقوم بحساب تركيز القاعدة الجديد بعد الإضافة
$M_1V_1 = M_2V_2$ $0.1 \times 50 = M_2 \times (50 + 26)$ $5 = M_2 \times 76$ $M_2 = \frac{5}{76} = 0.0657 \cong 0.066\ M$ $HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$ 0.066 0 0 0 0.066 0.066 $\therefore [H^+] = 0.066\ M$	$M_1V_1 = M_2V_2$ $0.2 \times 26 = M_2(50 + 26)$ $5.2 = M_2 \times 76$ $M_2 = \frac{5.2}{76} = 0.068\ M$ $NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$ 0.068 0 0 0 0.068 0.068 $\therefore [OH^-] = 0.068\ M$

نلاحظ ان تركيز القاعدة OH^- اكبر من تركيز الحامض H^+ اذا سوف نطرح OH من H .

$$[OH^-] - [H^+]$$
$$0.068 - 0.066 = 0.002\ M$$

الان نقوم بحساب POH من المتبقي من الطرح (0.002)

$$POH = -Log[OH^-]$$
$$POH = -Log\ 2 \times 10^{-3}$$
$$POH = -(Log\ 2 + Log\ 10^{-3})$$
$$POH = -(0.3 - 3) \Rightarrow POH = -(-2.7) \Rightarrow POH = 2.7$$

الان سنقوم باستخراج PH

$$PH + POH = 14$$
$$PH + 2.7 = 14$$
$$PH = 14 - 2.7$$
$$PH = 11.3$$



قد يسأل الطالب لماذا لم نقسم الحجم على 1000 وهو بوحدة ml

الجواب: ان V_1 و V_2 بوحدة ml وعندما نقسم الطرفين على 1000 سوف يختصر 1000 مع 1000 إذاً لا داعي للقسمة على 1000 أصلا.

02 الحالة الثانية

مزج حامض مع قاعدة مختلفين بالقوة (أحدهما ضعيف والأخر قوي)

1- نقوم بحساب تركيز الحامض الجديد من قانون التخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad \Rightarrow \quad M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

2- نقوم بحساب تركيز القاعدة الجديد من قانون التخفيف.

$$M_1V_1 = M_2V_2 \quad \Rightarrow \quad M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

- تنكر ان V_2 في القانونين السابقين نقطة (1 و 2) هو مجموع

$$\left(V_2 = V_{(\text{للحامض})} + V_{(\text{للقاعدة})}\right)$$

3- بعد حساب التراكيز الجديدة لكل من الحامض والقاعدة نستنتج ما يلي:

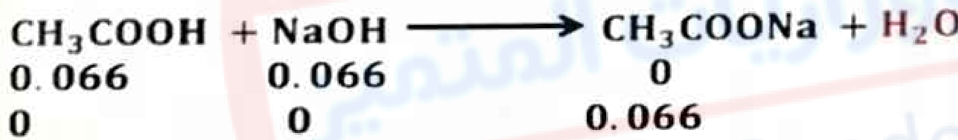
اذا كانت التراكيز متساوية (الحامض = القاعدة)	اذا كانت التراكيز مختلفة (الحامض ≠ القاعدة)
# اذا كانت التراكيز متساوية (تركيز الحامض = تركيز القاعدة) فالمحلول هو ملح اسمه تابع للقوي وقوانينه تابعة للضعيف. # نحسب PH له من القوانين السابقة (قوانين الاملاح) A) ملح قاعدي: # ونعرفه من خلال وجود K_a بالسؤال او ان القاعدة هي القوية. $PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + LogC]$ B) ملح حامضي: # ونعرفه من خلال وجود K_b بالسؤال او ان الحامض هو الاقوى $PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - LogC]$ # معلومة: ان C تمثل تركيز الحامض او القاعدة.	# اذا كانت التراكيز مختلفة تركيز الحامض > تركيز القاعدة او تركيز القاعدة > تركيز الحامض فالمحلول هو (بفر محلولين) # يحسب PH له من القوانين السابقة للبفر. A) اذا كان تركيز الحامض الضعيف اكبر من تركيز القاعدة القوية: $PH = PK_a + Log\frac{[salt]\ (\text{تركيز القوي})}{[acid]\ (\text{الضعيف} - \text{القوي})}$ B) اذا كان تركيز القاعدة الضعيفة اكبر من تركيز الحامض القوي: $POH = PK_b + Log\frac{[salt]\ (\text{تركيز القوي})}{[base]\ (\text{الضعيف} - \text{القوي})}$ # معلومة: في منهج السادس العلمي ان الضعيف أكبر من القوي دائما.

س23 عند اضافة 25 ml من 0.2 M محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH الى 50 ml من 0.1 M محلول حامض الخليك CH_3COOH ماذا ستكون قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول الناتج علما بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: بما ان الاضافة هي قوي الى ضعيف اذا يجب ان نستخرج التراكيز بعد التخفيف للحامض والقاعدة (التركيز الجديد) .

نحسب تركيز الحامض الجديد	نحسب تركيز القاعدة الجديد
$M_1V_1 = M_2V_2$	$M_1V_1 = M_2V_2$
$0.1 \times 50 = M_2 \times (50 + 25)$	$0.2 \times 25 = M_2 \times (50 + 25)$
$M_2 = \frac{0.1 \times 50}{75} = \frac{5}{75} = 0.066\ M$	$M_2 = \frac{0.2 \times 25}{75} = \frac{5}{75} = 0.066\ M$
$M_2 = [CH_3COOH] = 0.066\ M$	$M_2 = [NaOH] = 0.066\ M$

نلاحظ ان تركيز الحامض مساوي الى تركيز القاعدة إذا المحلول هو ملح اسمه تابع للقوي NaOH وقوانينه تابعة للضعيف CH_3COOH .



$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

CH_3COOH	$NaOH$	CH_3COONa
0.066	0.066	0
0	0	0.066

بما ان القانون تابع للضعيف والضعيف هو حامض إذا

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$$

نقوم باستخراج PK_w و PK_a و $Log\ C$

$$PK_w = -Log\ K_w$$
$$PK_w = -Log \times 10^{-14}$$
$$PK_w = -(Log\ 1 \times Log^{-14})$$
$$PK_w = -(0 - 14) \implies PK_w = 14$$

$$PK_a = -Log\ K_a$$
$$PK_a = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_a = -(Log\ 1.8 + Log 10^{-5})$$
$$PK_a = -(0.26 - 5) \implies PK_a = -(-4.74) \implies PK_a = 4.74$$

$$Log\ C = Log\ 0.066 \implies Log\ C = -1.18$$

أصبح القانون جاهز

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$$
$$PH = \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 1.18] \implies PH = \frac{1}{2}[17.56] \implies PH = 8.78$$

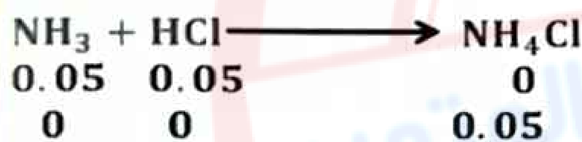
س/ ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة بإضافة 10 ml من HCl تركيزه 0.1 M الى

3) 10 ml من NH_3 تركيزه 0.1 M علماً ان $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

الحل/ بما ان الاضافة هي قوي الى ضعيف اذا يجب ان نستخرج التراكيز بعد التخفيف للحامض والقاعدة (التراكيز الجديدة) .

نحسب تركيز الحامض الجديد	نحسب تركيز القاعدة الجديد
$M_1V_1 = M_2V_2$ $0.1 \times 10 = M_2 \times (10+10)$ $M_2 = \frac{0.1 \times 10}{20}$ $M_2 = [HCl] = 0.05\ M$	$M_1V_1 = M_2V_2$ $0.1 \times 10 = M_2 \times (10+10)$ $M_2 = \frac{0.1 \times 10}{20}$ $M_2 = [NH_3] = 0.05\ M$

كما تلاحظ ان تركيز الحامض مساوي الى تركيز القاعدة إذا المحلول هو ملح اسمه تابع للقوي (HCl) وقوانينه تابع للضعيف (NH_3) .



$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

NH_3	HCl	NH_4Cl
0.05	0.05	0
0	0	0.05

وبما ان القانون تابع للضعيف والضعيف هو قاعدة إذا

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - Log\ C]$$

نقوم باستخراج PK_w و PK_a و $Log\ C$

$$PK_w = -Log\ K_w$$
$$PK_w = -Log\ 1 \times 10^{-14}$$
$$PK_w = -(Log\ 1 + Log\ 10^{-14})$$
$$PK_w = -(0 - 14) \implies PK_w = 14$$

$$PK_b = -Log\ K_b$$
$$PK_b = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_b = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5) \implies PK_b = -(-4.74) \implies PK_b = 4.74$$

$$Log\ C = Log\ 5 \times 10^{-2}$$
$$Log\ C = Log\ 5 + Log\ 10^{-2}$$
$$Log\ C = 0.7 - 2 \implies Log\ C = -1.3$$

تطبيق القانون

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_a - Log\ C]$$
$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 - 1.3)$$
$$PH = 0.5[14 - 4.74 + 1.3] \implies PH = 0.5[10.56] \implies PH = 5.28$$

س22 كم ستكون قيمة PH المحلول الناتج من مزج 20 ml من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع 50 ml من 0.1 M حامض الخليك علما بأن $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

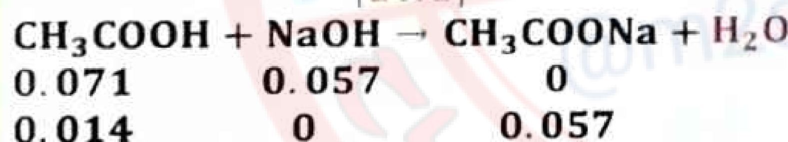
الحل: بما ان الاضافة هي قوي الى ضعيف اذا يجب ان نستخرج التراكيز بع التخفيف للحامض وللقاعدة (التراكيز الجديدة) .

نحسب تركيز الحامض الجديد	نحسب تركيز القاعدة الجديد
$M_1V_1 = M_2V_2$	$M_1V_1 = M_2V_2$
$0.1 \times 20 = M_2 \times (50 + 20)$	$0.2 \times 20 = M_2 \times (50 \times 20)$
$M_2 = \frac{0.1 \times 20}{70} = \frac{2}{70} = 0.071\ M$	$M_2 = \frac{0.2 \times 20}{70} = \frac{4}{70} = 0.057\ M$
$M_2 = [CH_3COOH] = 0.071\ M$	$M_2 = [NaOH] = 0.057\ M$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف اكبر من تركيز القاعدة القوية وعليه ان المحلول هو (بفر محلولين) .

يمكن حساب PH له من القانون.

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$



$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$

0.071   0.057   0

0.014   0   0.057

يجب ان تعرف ان تركيز

$[salt] \rightarrow$ تركيز القوي (القاعدة) $\rightarrow 0.057$

$[acid] \rightarrow$ (الحامض - القاعدة) $\rightarrow 0.014$

يجب ان نستخرج PK_a

$$PK_a = -Log\ K_a$$
$$PK_a = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_a = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_a = -(0.26 - 5) \Rightarrow PK_a = -(-4.74) \Rightarrow PK_a = 4.74$$

اصبح القانون جاهز

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.057}{0.014}$$
$$PH = 4.74 + Log\ 4$$
$$PH = 4.74 + 0.6 \Rightarrow PH = 5.34$$

س6 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة بإضافة 10 ml من HCl تركيزه 0.1 M الى

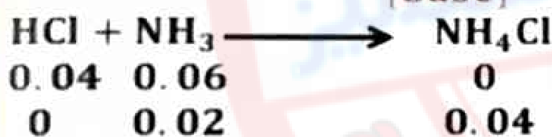
4) 15 ml من NH_3 تركيزه 0.1 M علما ان: $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$ ؟

الحل: بما ان الاضافة هي قوي الى ضعيف اذا يجب ان نقوم بحساب التراكيز بعد الاضافة لكل من الحامض و القاعدة (التراكيز الجديدة)

نقوم بحساب تركيز الحامض الجديد	نقوم بحساب تركيز القاعدة الجديدة
$M_1V_1 = M_2V_2$	$M_1V_1 = M_2V_2$
$0.1 \times 10 = M_2 \times (10 + 15)$	$0.1 \times 15 = M_2 \times (10 + 15)$
$M_2 = \frac{0.1 \times 10}{25}$	$M_2 = \frac{0.1 \times 15}{25}$
$M_2 = \frac{1}{25}$	$M_2 = \frac{1.5}{25}$
$M_2 = [HCl] = 0.04\ M$	$M_2 = [NH_3] = 0.06\ M$

نلاحظ ان تركيز القاعدة الضعيفة اكبر من تركيز الحامض القوي اذا المحلول بفر اسمه تابع للقوي وقوانينه تابعة للضعيف حيث يتكون القانون

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$



$$HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$$

HCl	NH_3	NH_4Cl
0.04	0.06	0
0	0.02	0.04

يجب ان تعرف ان تركيز

[salt] ⇒ تركيز القوي (الحامض) ⇒ 0.04 M

[base] ⇒ (الضعيف − القوي) ⇒ 0.02M

يجب ان نستخرج PK_b

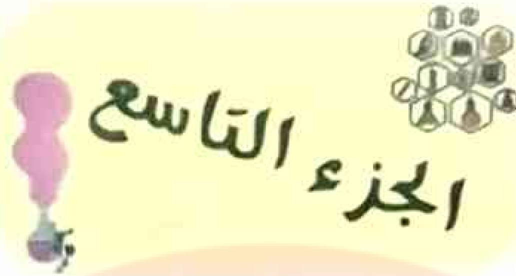
$$PK_b = -Log\ K_b$$
$$PK_b = -Log\ 1.8 \times 10^{-5}$$
$$PK_b = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5) \Rightarrow PK_b = -(-4.74) \Rightarrow PK_b = 4.74$$

اصبح القانون جاهز

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$
$$POH = 4.74 + Log\frac{0.04}{0.02}$$
$$POH = 4.74 + Log\ 2$$
$$POH = 4.74 + 0.3 \Rightarrow POH = 5.04$$

لكن ان المطلوب هو PH وليس POH اذا

$$PH + POH = 14$$
$$PH + 5.04 = 14 \qquad PH = 14 - 5.04 \Rightarrow PH = 8.96$$



الذوبانية وثابت حاصل الذوبان

ثابت حاصل الذوبان K_{SP}: وهو الكمية الناتجة من حاصل ضرب التراكيز المولارية للأيونات المكونة للمركب عند حالة الاتزان كل منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام الايونات في المعادلة الكيميائية الموزونة وهي قيمة ثابته بثبوت درجة الحرارة.

الذوبانية المولارية S: وهي عدد مولات المادة التي تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع للمادة عند حالة الاتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة و وحدتها mole/L .

س: على ماذا تعتمد قابلية ذوبان اي مادة ايونية مثل الاملاح في الماء؟

ج: تعتمد على الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الاواصر الرابطة بين الايونات المكونة للمادة ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة لانتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني صلب AB شحيح الذوبان في الماء كما يأتي:



ولكون المركب شحيح الذوبان في الماء (صلب) لذلك يمكن اعتبار قيمة AB تبقى ثابتة (لا تتغير) نتيجة لتفكك جزء صغير منها ونحن نعلم ان قيمة H_2O هي ثابتة اصلا لكون الماء هو المذيب وعلى هذا الاساس تكتب علاقة K_{SP} بالصورة التالية:

$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

امثلة للتعبير عن ثابت حاصل الذوبان Ksp للأملاح

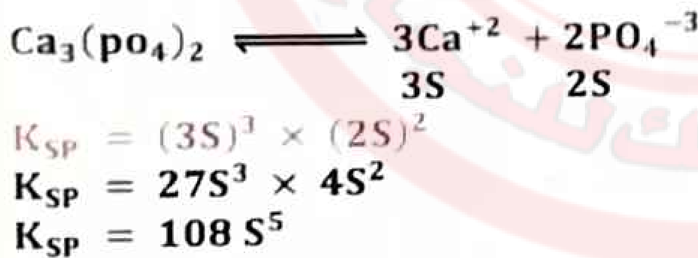
1. املاح احادية التكافؤ مثل ($PbSO_4$ _ $BaSO_4$ _ $AgCl$).

$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$ S S $K_{sp} = S \times S$ $K_{sp} = S^2$	$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$ S S $K_{sp} = S \times S$ $K_{sp} = S^2$	$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$ S S $K_{sp} = S \times S$ $K_{sp} = S^2$

2. املاح ثنائية التكافؤ مثل CaF_2 و $Zn(OH)_2$.

$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^{-}$ S 2S $K_{SP} = S \times (2S)^2$ $K_{SP} = S \times 4S^2$ $K_{SP} = 4S^3$	$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^{-}$ S 2S $K_{SP} = S \times (2S)^2$ $K_{SP} = S \times 4S^2$ $K_{SP} = 4S^3$

3. املاح ثلاثية التكافؤ مثل $Ca_3(PO_4)_2$.



$$Ca_3(po_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$$
3S 2S

$$K_{SP} = (3S)^3 \times (2S)^2$$
$$K_{SP} = 27S^3 \times 4S^2$$
$$K_{SP} = 108\ S^5$$

ملاحظات مهمة:

1. ان بعض القواعد تعامل كما تعامل الاملاح شحيحة الذوبان.
2. يتفكك الملح شحيح الذوبان وبعض القواعد بسهمين (كما في الضعيف) ($\rightleftharpoons$)
3. ان وحدة الذوبانية المولارية S هي (mole/L) .
4. ان وحدة الذوبانية الغرامية S هي (g/L) .
5. يمكن تحويل الذوبانية المولارية الى الذوبانية الغرامية وبالعكس بواسطة العلاقة التالية:

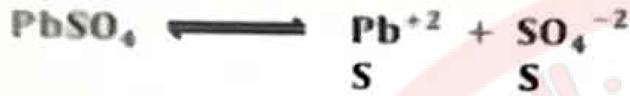
$$S_{(mole/L)} = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

6. ان قانون K_{SP} يتعامل مع الذوبانية المولارية فقط.

مثال 17 ما هي الذوبانية المولارية لملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ اذا علمت ان ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-8}$ ؟

الحل

في هذا المثال اعطى K_{sp} ويريد الذوبانية S نكتب معادلة ذوبان الملح الشحيح.



$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{sp} = S \times S$$

$$K_{sp} = S^2$$

$$1.6 \times 10^{-8} = S^2$$ بالجذر

$$S = 1.26 \times 10^{-4} \ mole/L$$

log √1.6 = 1.26

مثال 18 احسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المائي المشبع يحتوي 0.0025 g من ملح $BaSO_4$ الذائب علما ان $(M_{(BaSO_4)} = 233 \ g/mol)$ ؟

الحل: **المطلوب هو ثابت حاصل الذوبان K_{SP} لكن للاسف ان قانون K_{SP} يتعامل مع الذوبانية المولارية S(mole/L) وليس الذوبانية الغرامية S(g/L) اذا يجب تحويل الذوبانية الغرامية الى مولارية من القانون.**

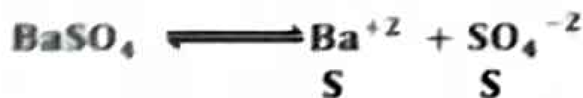
$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M\ (g/mol)}$$

$$= \frac{0.0025}{233}$$

$$= \frac{250 \times 10^{-5}}{233}$$

$$= 1.07 \times 10^{-5} \ mol/L = M$$

نكتب معادلة ذوبان الملح



$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{sp} = S \times S$$

$$K_{sp} = S^2$$

$$K_{sp} = (1.07 \times 10^{-5})^2 \Rightarrow K_{sp} = 1.15 \times 10^{-10}$$

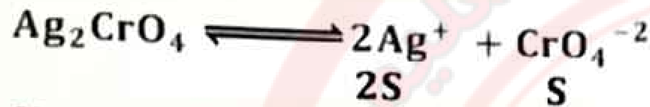
تمرين 16 اذا علمت ان لترا واحدا من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332\ g/mol)$ يحوي $0.0215\ g$ من الملح احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح؟

الحل: ان فكرة هذا السؤال نفس فكرة المثال السابق. نقوم بتحويل الذوبانية الغرامية الى مولارية من القانون.

$$S(mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M\ (g/mol)}$$

$$= \frac{0.0215}{332} = \frac{215 \times 10^{-4}}{332} = 6.4 \times 10^{-5}\ M$$

نكتب معادلة ذوبان الملح الشحيح



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons \underset{2S}{2Ag^+} + \underset{S}{CrO_4^{-2}}$$

$K_{sp} = (2S)^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^3$

$K_{sp} = 4\,(6.4 \times 10^{-5})^3$

$K_{sp} = 4 \times (262 \times 10^{-15})$

$K_{sp} = 1048 \times 10^{-15} \Rightarrow K_sP = 1.048 \times 10^{-12}$

تمرين 17 احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كلوريد الفضة $AgCl$ $(M = 143.5\ g/mol)$ في محلول عند حالة الاتزان اذا علمت ان $K_{SP(AgCl)} = 1.8 \times 10^{-10}$ ؟

الحل: من خلال K_sP نقوم باستخراج الذوبانية المولارية:



$$AgCl \rightleftharpoons \underset{S}{Ag^+} + \underset{S}{Cl^-}$$

$K_{SP} = S \times S$

$K_{SP} = S^2$

$1.8 \times 10^{-10} = S^2$ بالجذر

$S = 1.34 \times 10^{-5}\ mol/L = M$

log $\sqrt{1.8} = 1.34$

الان نقوم باستخراج الذوبانية الغرامية من قانون

$$S(mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M\ (g/mol)}$$

$S\ (g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$

$S\ (g/L) = 1.34 \times 10^{-5} \times 143.5$

$S\ (g/L) = 192 \times 10^{-5} = 1.93 \times 10^{-3}\ g/L$

س7 احسب الذوبانية المولارية والذوبانية S بدلالة (g/L) لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ اذا علمت ان (M = 99.4 g/mol) (K_{sp} $Zn(OH)_2 = 1.2 \times 10^{-17}$)

الحل: نقوم بحساب الذوبانية المولارية



$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad\quad S \quad\quad 2S$$

$K_{sp} = s \times (2S)^2$

$K_{sp} = S \times 4S^2$

$K_{sp} = 4S^3$

$1.2 \times 10^{-17} = 4S^3$

$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = 0.3 \times 10^{-17} = 3 \times 10^{-18}$ بالجذر التكعيبي $\Rightarrow S$

$= 1.44 \times 10^{-6} M$

ولحساب الذوبانية الغرامية نستخدم القانون

$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$

$\therefore S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$

$S(g/L) = 1.44 \times 10^{-6} \times 99.4 \Rightarrow S(g/L)\ 143.136 \times 10^{-6}\ g/L$

س20 ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M = 332 g/mol) التي يمكن ان تذوب في 100 ml من الماء المقطر علما بان $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-12}$ ؟

الحل: نستخرج الكتلة من القانون $m = M \times M \times V_L$

بما ان الكتلة المولية متوفرة اذا يجب ان نستخرج التركيز المولاري (الذوبانية S) ونحول وحدة الحجم الى اللتر

$V = \frac{100}{1000} = 0.1L$

نستخرج الذوبانية المولارية للملح



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$
$$\quad\quad 2S \quad\quad S$$

$\sqrt[3]{0.275} = 0.65$

$K_{sp} = (2S)^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^3$

$1.1 \times 10^{-12} = 4S^3$

$S^3 = \frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} \Rightarrow S^3 = 0.275 \times 10^{-12}$ بالجذر التكعيبي

$S = 0.65 \times 10^{-4} M$

$m = M \times M \times V_{(L)}$ اصبح القانون جاهز

$m = 0.65 \times 10^{-4} \times 332 \times 0.1 \Rightarrow m = 2.161 \times 10^{-3}\ g$

س/ اختر الجواب الصحيح :

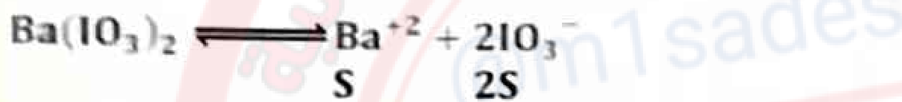
١- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم $(M = 487\ g/mole)$ و $(K_{sp} = 1.57 \times 10^{-9})$ التي يمكن ان يمكنات تذوب في $150\ ml$ من الماء النقي هي

أ) $34.4\ mg$

ب) $44.4\ mg$

جـ) $53.4\ mg$

الحل:



$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

$$S \qquad 2S$$

$K_{sp} = S \times (2S)^2$

$1.57 \times 10^{-9} = S \times 4S^2$

$1.57 \times 10^{-9} = 4S^3$

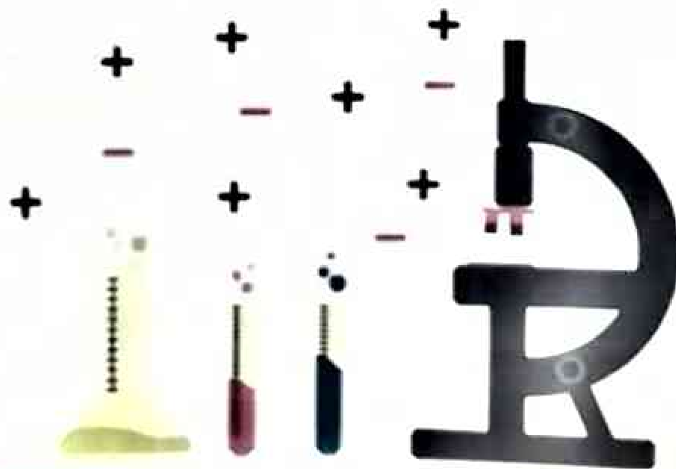
$S^3 = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.392 \times 10^{-9}$ بالجذر التكعيبي $\Rightarrow S = 0.73 \times 10^{-3} \cong 7.3 \times 10^{-4}\ M$

$m = M \times M \times V$

$m = 7.3 \times 10^{-4} \times 487 \times \frac{150}{1000} = 533 \times 10^{-4} = 0.0533\ g$

نحول الوحدة الى mg بضربها بـ 1000

$m = 0.0533 \times 1000 = 53.3\ mg$ اذا الجواب (ج)



الترسيب والحاصل الايوني

الحاصل الايوني Q_{sp}: وهو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان كل منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل ايون في المعادلة الكيميائية الموزونة حيث ان هذه التراكيز ليست بالضرورة في حالة الاتزان.

حسب وجه نظري ولتبسيط الفكرة على الطالب ان Q_{sp} حاصل الذوبان ان عمله مشابه (لحاصل التفاعل Q) في الفصل الثاني.

قصة الحرامي وصاحب البيت

اكو رجال اسمة k_{sp} ثابت حاصل الذوبان وعنده بيت الي هوة ملح شحيح الذوبان واكو حرامي اسمة Q_{sp} الحاصل الايوني .

1- اذا كان صاحب البيت K_{sp} اكبر من الحرامي Q_{sp} لا يحصل ترسيب.

2- اذا كان الحرامي Q_{sp} اكبر من صاحب البيت K_{sp} يحصل ترسيب.

3- اذا كان صاحب البيت K_{sp} والحرامي Q_{sp} متساوين $Q_{sp} = K_{sp}$ المحلول مشبع.

نقوم بمقارنة (K_sP ثابت حاصل الذوبان) مع (Q_sP الحاصل الايوني)

اذا كان:

$K_{sp} > Q_{sp}$: **لا يحصل ترسيب** والمحلول غير مشبع حيث تبدأ عملية الذوبان حتى يتساوى k_{sp} مع Q_{sp} ويتوقف الذوبان.

$Q_sP > K_{sp}$: **يحصل الترسيب** والمحلول فوق المشبع حيث تبدأ عملية الترسيب حتى يتساوى K_sP مع Q_{sp} ويتوقف الترسيب.

$K_{sp} = Q_{sp}$: المحلول المشبع.

س29 ان تركيز ايون الكالسيوم $M = 40\ g/mol$ في بلازما الدم يساوي $0.1\ g/L$ فاذا كان تركيز ايون الاوكزالات فيه يساوي $1 \times 10^{-7}M$ هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 علما ان : $(PK_{sp} = 8.64)$ ؟

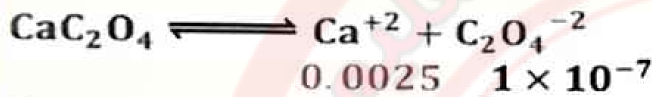
الحل: المطلوب في السوال هو هل يحصل ترسيب ام لا ؟

وللجواب على ذلك يجب ان نستخرج الحاصل الايوني Q_{SP} و K_{SP} ونقارن.

لاستخراج الحاصل الايوني يجب تحويل الذوبانية من غرامية الى مولارية لأيون الكالسيوم

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1}{40} = 0.0025\ mol/L$$

نكتب معادلة التفكك



$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{\ -2}$$

$$0.0025 \qquad 1 \times 10^{-7}$$

$$Q_{SP} = 0.0025 \times 1 \times 10^{-7}$$
$$Q_{SP} = 2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7}$$
$$Q_{SP} = 2.5 \times 10^{-10}$$

log 2.3 = 0.36

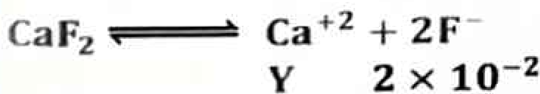
في السؤال لم يعطي K_{SP} وانما اعطى PK_{SP} اذا يجب ان نستخرج K_{SP} من PK_{SP}

$$K_{SP} = 10^{-PK_{SP}}$$
$$K_{SP} = 10^{-8.64} \times 10^{+9} \times 10^{-9}$$
$$K_{SP} = 10^{-8.64+9} \times 10^{-9}$$
$$K_{SP} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$$
$$K_{SP} = 2.3 \times 10^{-9}$$

نلاحظ ان قيمة $K_{SP} > Q_{SP}$ اذا لا تترسب اوكزالات الكالسيوم

مثال 19 إذا علمت ان تركيز ايون الفلوريد F^- في محلول CaF_2 يساوي $2 \times 10^{-2}M$ احسب أدنى تركيز من ايون الكالسيوم يكون لازما وجوده في المحلول لبدأ ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم CaF_2 $(K_{SP} = 4.9 \times 10^{-11})$ ؟

الحل: نكتب معادلة تفكك CaF_2



$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$

$$Y \qquad 2 \times 10^{-2}$$

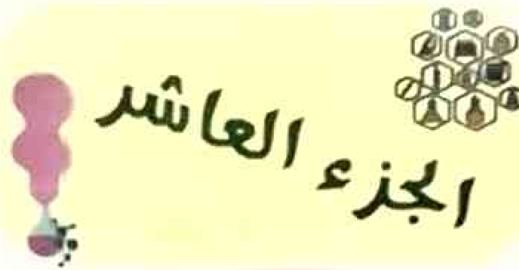
$$K_{SP} = [Ca][F]^2$$
$$4.9 \times 10^{-11} = Y \times (2 \times 10^{-2})^2$$

$$Y = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow Y = [Ca] = 1.225 \times 10^{-7}M$$

هذا هو ادنى تركيز لأيون الكالسيوم لبدا الترسيب.



@m1sades



العوامل المؤثرة في الذوبانية

هناك عدة عوامل تؤثر على ذوبانية الرواسب وتسبب (نقصانها او زيادتها) ومن اهم هذه العوامل :

1 تأثير درجة الحرارة
2 تأثير الايون المشترك
3 تأثير الاس الهيدروجيني PH

اولا تأثير درجة الحرارة: تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة ولكن يختلف مقدار هذه الزيادة من مادة الى اخرى

س ان درجة الحرارة تزيد من ذوبانية الرواسب.

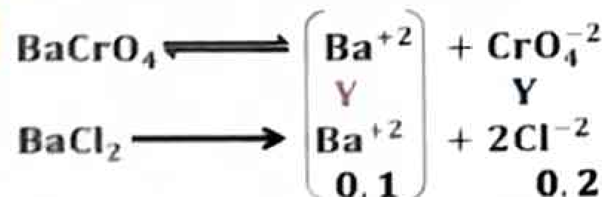
ثانيا تأثير الايون المشترك:

كما سبق ان تعلمنا انه يمكن الاستفادة من قاعدة لوشاتليه لاستنتاج ان ذوبانية اي الكتروليت ضعيف مثل (ملح شحيح الذوبان) تنخفض عند وجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة للمحلول.

يمكن من الناحية العلمية الاستفادة من هذه الظاهرة في التحكم بعملية ذوبان الرواسب (المواد شحيحة الذوبان).

س21 ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي 0.1 M إذا علمت ان $K_{sp} = 1.2 \times 10^{-10}$ ؟

الحل: هنا يريد الذوبانية بوجود الايون المشترك فقط اذا:



$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$
$$\quad\quad Y \quad\quad Y$$
$$BaCl_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2Cl^{-2}$$
$$\quad\quad 0.1 \quad\quad 0.2$$

$$K_{sp} = Y \times (Y + 0.1)$$

$$1.2 \times 10^{-10} = Y \times 0.1$$

$$Y = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-1}} = 1.2 \times 10^{-9} M$$

س15 ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علما ان $K_sP = 1.6 \times 10^{-10}$ وما ذوبانية بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه؟

الحل: في البداية نجد الذوبانية في المحلول المائي المشبع (الماء النقي)



$$BaSO_4 \rightleftharpoons \underset{S}{Ba^{+2}} + \underset{S}{SO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = S^2$$

$\sqrt{1.6} = 1.26$

$$1.6 \times 10^{-10} = S^2 \quad \text{بالجذر}$$

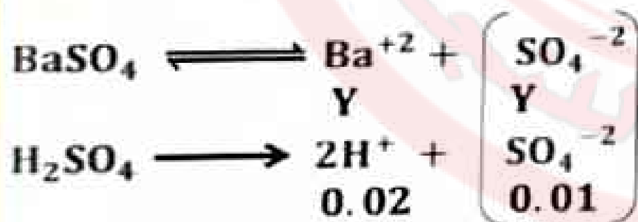
$$S = 1.26 \times 10^{-5}\ M$$

الان نجد الذوبانية بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10 M لكن في البداية يجب ان نستخرج تركيز H_2SO_4 بعد التخفيف

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$10 \times \frac{1}{1000} = M_2 \times 1$$

$$M_2 = 0.01\ M \quad \leftarrow \quad \text{هذا يمثل تركيز } H_2SO_4$$



$$BaSO_4 \rightleftharpoons \underset{Y}{Ba^{+2}} + \underset{Y}{SO_4^{-2}}$$

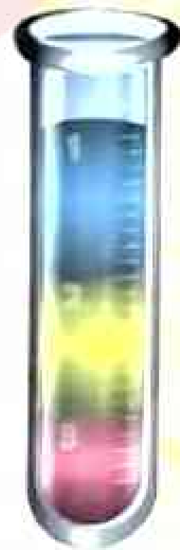
$$H_2SO_4 \longrightarrow \underset{0.02}{2H^+} + \underset{0.01}{SO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = Y \times (\cancel{Y} + 0.01)$$

$$1.6 \times 10^{-10} = Y \times 0.01$$

$$Y = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{0.01} = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-2}}$$

$$Y = 1.6 \times 10^{-8}\ M$$



لاحظ ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك

مثال 20 ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $K_{sp} = 1.57 \times 10^{-9}$

أ) في الماء النقي؟

ب) في محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 بتركيز $0.02\ mol/L$ ثم قارن النتائج؟

الحل: أ) نكتب معادلة ذوبان $Ba(IO_3)_2$ ونجد الذوبانية في الماء النقي



$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons \underset{S}{Ba^{+2}} + \underset{2S}{2IO_3^-}$$

$$K_{sp} = S \times (2S)^2$$

$$K_{sp} = S \times 4S^2$$

$$1.57 \times 10^{-9} = 4S^3$$

$\sqrt{0.39} = 0.73$

$$S^3 = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4}$$

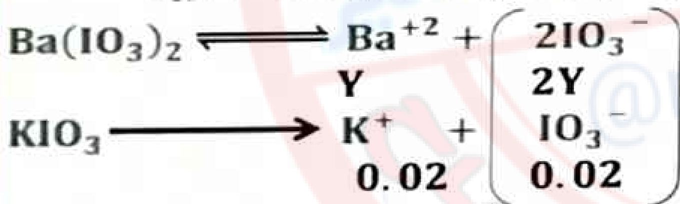
$$S^3 = 0.39 \times 10^{-9}$$

بالجذر التكعيبي

$$S = 0.73 \times 10^{-3} \approx S = 7.3 \times 10^{-4}\ M$$ (الذوبانية في الماء النقي)

ب) نجد الذوبانية بوجود الايون المشترك KIO_3 بتركيز $0.02M$

نكتب معادلة تفكك الملح الشحيح وتحته نكتب الملح القوي ونستبدل S بـ Y لأنها سوف تتغير.



$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons \underset{Y}{Ba^{+2}} + \underset{2Y}{2IO_3^-}$$

$$KIO_3 \longrightarrow \underset{0.02}{K^+} + \underset{0.02}{IO_3^-}$$

$$K_{sp} = (Y) \times (2Y + 0.02)^2$$

$$1.57 \times 10^{-9} = Y \times (0.02)^2$$

$$Y = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}} \Rightarrow Y = 0.39 \times 10^{-5} \approx 3.9 \times 10^{-6} M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

المناقشة: ان الذوبانية في الماء النقي (المقطر) كبيرة جدا مقارنة بالذوبانية بوجود الايون المشترك KIO_3 .

ملاحظة: يمكن حساب مقدار الانخفاض او الزيادة في الذوبانية بين الماء النقي والايون المشترك بالقانون التالي:

$$\text{عدد مرات الزيادة او الانخفاض} = \frac{\text{الذوبانية في الماء النقي}}{\text{الذوبانية بوجود الايون المشترك}}$$

وعند تطبيق القانون على السؤال السابق

$$\text{عدد مرات الزيادة} = \frac{7.3 \times 10^{-4}}{3.9 \times 10^{-5}} = 187$$ مرة

اي ان الذوبانية في الماء النقي أكبر بـ 187 مرة من الذوبانية بوجود الايون المشترك.

س9 احسب الذوبانية المولارية (mole/L) والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 (M = 314 g/mole) و ($PK_{sp} = 4.92$) في:

أ) الماء النقي؟ ب) محلول 0.15 M من كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 ؟

الحل نجد الذوبانية المولارية والغرامية في الماء النقي

$PK_{sp} = 4.92$ log1.2 = 0.08

$\therefore K_{sp} = 10^{-PK_{sp}}$

$K_{sp} = 10^{-4.92} \times 10^{+5} \times 10^{-5} \Longrightarrow K_{sp} = 10^{-4.92+5} \times 10^{-5}$

$K_{sp} = 10^{0.08} \times 10^{-5} \Longrightarrow K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$



$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons \underset{2S}{2Ag^+} + \underset{S}{SO_4^{-2}}$$

$\sqrt[3]{3} = 1.42$

$K_{sp} = (2S)^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^2 \times S$

$K_{sp} = 4S^3$

$1.2 \times 10^{-5} = 4S^3 \Longrightarrow S^3 = \frac{1.2\times10^{-5}}{4}$ $S^3 = 0.3 \times 10^{-5}$

$S^3 = 3 \times 10^{-6}$ بالجذر التكعيبي $\Longrightarrow S = 1.42 \times 10^{-2} M$

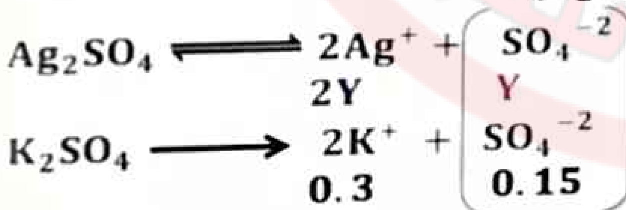
ولإيجاد الذوبانية في الايون المشترك نطبق العلاقة

$S\,(mol/L) = \frac{S_{(g/L)}}{M_{(g/mol)}}$

$\therefore S\,(g/L) = S(mole/L) \times M(g/mole) \Longrightarrow \therefore S(g/L) = 1.42 \times 10^{-2} \times 314$

$S(g/L) = 4.396\ g/L$

نقوم بحساب الذوبانية في الايون المشترك ($K_2SO_4 = 0.15M$)



$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons \underset{2Y}{2Ag^+} + \underset{Y}{SO_4^{-2}}$$

$$K_2SO_4 \longrightarrow \underset{0.3}{2K^+} + \underset{0.15}{SO_4^{-2}}$$

$\sqrt[2]{0.2} = 0.44$

$K_{sp} = (2Y)^2 \times (Y + 0.15)$

$1.2 \times 10^{-5} = (4Y^2) \times 0.15$

$4Y^2 = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.15} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{1.5 \times 10^{-1}} = 0.8 \times 10^{-4}$

$Y^2 = \frac{0.8 \times 10^{-4}}{4} = 0.2 \times 10^{-4}$

$Y^2 = 0.2 \times 10^{-4}$ بالجذر التربيعي $\Longrightarrow Y = 0.44 \times 10^{-2} \approx 4.4 \times 10^{-3} M$

نجد الذوبانية الغرامية من العلاقة

$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$

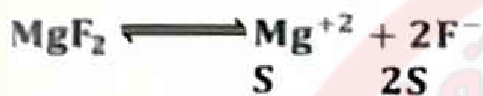
$S(g/L) = 4.4 \times 10^{-3} \times 314 \Longrightarrow S(g/L) = 1.38\ g/L$

تمرين 22 قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح فلوريد المغنيسيوم MgF_2 تساوي $K_{sp} = 6.5 \times 10^{-9}$

أ) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي؟

ب) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في محلول فلوريد الصوديوم NaF تركيزه 0.1 mol/L ثم قارن النتيجتين؟

الحل: أ) نجد الذوبانية في الماء النقي



$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$\quad\quad S \quad\quad 2S$$

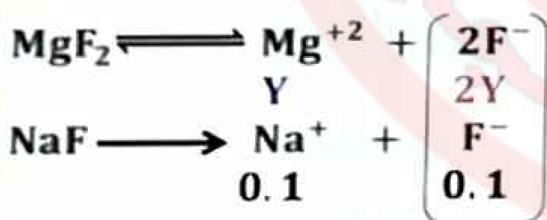
$\sqrt[3]{1.6} = 1.1$

$$K_{sp} = S \times (2S)^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{4} \Rightarrow S^3 = 1.6 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي $$\Rightarrow S = 1.18 \times 10^{-3} M$$

ب) نجد الذوبانية MgF_2 في محلول 0.1 من NaF (ايون مشترك)



$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$\quad\quad Y \quad\quad 2Y$$
$$NaF \longrightarrow Na^+ + F^-$$
$$\quad\quad 0.1 \quad\quad 0.1$$



$$K_{sp} = Y \times (2Y + 0.1)^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = Y \times (0.1)^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = Y \times 0.01$$

$$Y = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{0.01} \Rightarrow Y = 6.5 \times 10^{-7} M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

تقل قابلية الذوبان بوجود الايون المشترك...

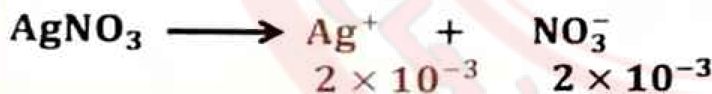
تمرين 21 محلول من نترات الفضة تركيزه 0.01M وحجمه 20 ml اضيف الى 80 ml من 0.05M كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 بين هل تترسب كرومات الفضة علما ان K_{sp} $Ag_2CrO_4 = 1.1 \times 10^{-12}$ ؟

الحل: لكي نعرف هل تترسب كرومات الفضة ام لا يجب ان نقوم بحساب الحاصل الايوني Q_{sp} ونقارنه مع K_{sp} وبما ان K_{sp} معلومة لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 اذا يجب ان نستخرج Q_{sp} ونقارن.

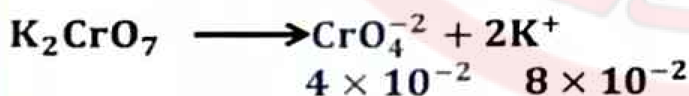
لا يمكننا حساب Q_{sp} مباشر لان التراكيز سوف تتغير بعد الاضافة إذا يجب ان نقوم بحساب التركيز لكل من نترات الفضة $AgNO_3$ وكرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 بعد الإضافة (التخفيف).

علما ان $(V_2 = V_1 + V_2) \rightarrow (V_2 = 80 + 20 = 100ml)$

كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4	نترات الفضة $AgNO_3$
$M_1V_1 = M_2V_2$	$M_1V_1 = M_2V_2$
$0.05 \times 80 = M_2 \times (80+20)$	$0.01 \times 20 = M_2 \times (80+20)$
$4 = M_2 \times 100$	$0.2 = M_2 \times 100$
$M_2 = \frac{4}{100} = 0.04M$	$M_2 = \frac{0.2}{100}$
$M_2 = 4 \times 10^{-2}M$	$M_2 = 0.002 = 2 \times 10^{-3}M$

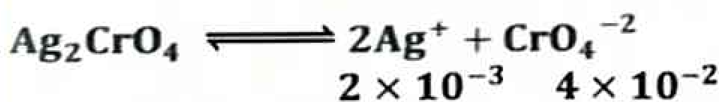


$$AgNO_3 \longrightarrow \underset{2\times10^{-3}}{Ag^+} + \underset{2\times10^{-3}}{NO_3^-}$$



$$K_2CrO_7 \longrightarrow \underset{4\times10^{-2}}{CrO_4^{-2}} + \underset{8\times10^{-2}}{2K^+}$$

نجد الحاصل الايوني لكرومات الفضة Ag_2CrO_4



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons \underset{2\times10^{-3}}{2Ag^+} + \underset{4\times10^{-2}}{CrO_4^{-2}}$$

$Q_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$

$Q_{sp} = (2 \times 10^{-3})^2 \times 4 \times 10^{-2}$

$Q_{sp} = 16 \times 10^{-8} \approx 1.6 \times 10^{-7}$

1.6×10^{-7} $Q_{sp} > K_{sp}$ 1.1×10^{-12}

إذا يحصل ترسيب

تمرين 23 محلول مشبع من $Mg(OH)_2$ حجمه لتر واحد و محلول اخر مشبع من $Zn(OH)_2$ حجمه لتر ايضا ما عدد مولات $NaOH$ الواجب اضافتها الى احد المحلولين لتصبح ذوبانية المحلولين متساوية علما بان $K_{sp}\ Zn(OH)_2 = 1.2 \times 10^{-17}$ ؟

$$K_{sp}\ Mg(OH)_2 = 1.6 \times 10^{-12}$$

الحل: نقوم بإيجاد ذوبانية $Zn(OH)_2$ ، $Mg(OH)_2$



$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons \underset{S}{Mg^{+2}} + \underset{2S}{2OH^-}$$

$K_{sp} = S \times (2S)^2$

$K_{sp} = S \times 4S^3$

$1.8 \times 10^{-11} = 4S^3$

$S^3 = \frac{1.8\times10^{-11}}{4} = \frac{18\times10^{-12}}{4} = 4.5 \times 10^{-12}$ بالجذر التكعيبي $\Rightarrow S = 1.65 \times 10^{-4}\ M$



$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons \underset{S}{Zn^{+2}} + \underset{2S}{2OH^-}$$

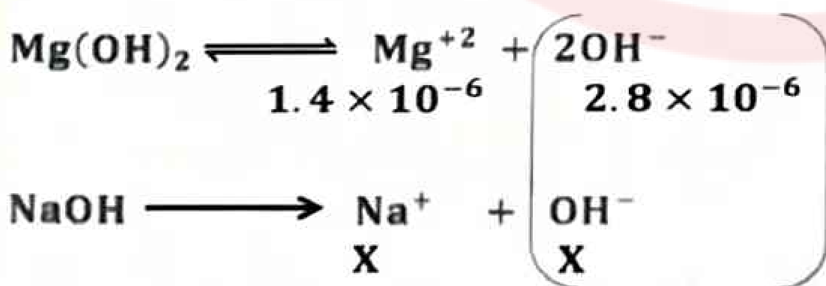
$K_{sp} = S \times (2S)^2$

$1.2 \times 10^{-17} = 4S^3$

$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = 0.3 \times 10^{-17}$

$S^3 = 3 \times 10^{-18}$ بالجذر التكعيبي $\Rightarrow S = 1.4 \times 10^{-6}\ M$

بما ان ذوبانية هيدروكسيد المغنيسيوم هي الاكبر اذا سنقوم باضافة هيدروكسيد الصوديوم لغرض خفض قابلية ذوبانها الى 1.4×10^{-6} اي لكي تتساوى.



$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons \underset{1.4\times10^{-6}}{Mg^{+2}} + \underset{2.8\times10^{-6}}{2OH^-}$$

$$NaOH \longrightarrow \underset{X}{Na^+} + \underset{X}{OH^-}$$

$K_{sp} = (1.4 \times 10^{-6}) \times (X^2)$

$1.8 \times 10^{-11} = 1.4 \times 10^{-6} \times X^2$

$X^2 = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{1.4 \times 10^{-6}}$

$X^2 = 1.28 \times 10^{-5} \Rightarrow X^2 = 12.8 \times 10^{-6}$ بالجذر التربيعي $\Rightarrow X = 3.5 \times 10^{-3}\ M$

عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم الواجب اضافتها

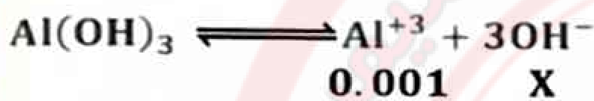
تمرين 20 محلول مجمع لتر يحتوي 0.001 mole من محلول ايونات Al^{+3} و Fe^{+3} اضيف اليه كمية من محلول NaOH بين رياضيا ايهما يترسب اولا $Al(OH)_3$ او $Fe(OH)_3$ ولماذا علما ان $K_{SP}\ Al(OH)_3 = 3.5 \times 10^{-34}$ ؟

$K_{SP}\ Fe(OH)_3 = 5 \times 10^{-38}$

الحل:

نقوم باستخراج ايون الهيدروكسيد $[OH^-]$ للمركبين $Al(OH)_3$ و $Fe(OH)_3$ والمركب الذي يمتلك اقل تركيز من $[OH^-]$ هو الذي يترسب اولا

نبدأ بـ $Al(OH)_3$



$$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{+3} + 3OH^-$$
$$0.001 \quad X$$

$Ksp = [Al^{+3}][OH^-]^3$

$3.5 \times 10^{-34} = 1 \times 10^{-3} \times [OH^-]^3$

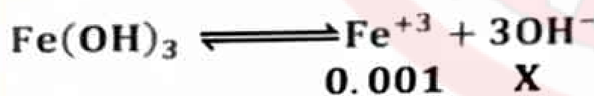
$[OH^-]^3 = \dfrac{3.5 \times 10^{-34}}{1 \times 10^{-3}}$

$[OH^-]^3 = 3.5 \times 10^{-31} = 0.35 \times 10^{-30}$ بالجذر التكعيبي

$[OH^-] = 0.7 \times 10^{-10}\ M$ اقل تركيز من ايون الهيدروكسيد اللازم لترسيب $AL(OH)_3$

$[OH^-] = 7 \times 10^{-11}\ M$

الان ننتقل لـ $Fe(OH)_3$



$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$
$$0.001 \quad X$$

$Ksp = [Fe^{+3}][OH^-]^3$

$5 \times 10^{-38} = 1 \times 10^{-3} \times [OH^-]^3$

$\sqrt[3]{0.05} = 0.36$

$[OH^-]^3 = \dfrac{5 \times 10^{-38}}{1 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-35}$

$[OH^-]^3 = 0.05 \times 10^{-33}$ بالجذر التكعيبي

$[OH^-] = 0.36 \times 10^{-11} = 3.6 \times 10^{-10} M$

هذا هو اقل تركيز من ايون الهيدروكسيد اللازم لترسيب $Fe(OH)_3$

النتيجة ان $Fe(OH)_3$ يترسب اولا لانه يحتاج اقل تركيز من ايون الهيدروكسيد لكي يترسب

تمرين 18 احسب PH محلول حامض الكبريتيك قبل وبعد اضافة 1mL منه الى لتر من محلول مشبع $PbSO_4$ لتتغير ذوبانية المحلول المشبع من 1.26×10^{-4} الى 3.2×10^{-6} ؟

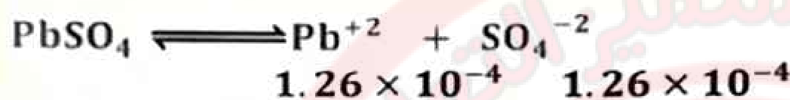
الحل: **ملاحظة:** اذا ذكر بالسؤال ان الذوبانية تغيرت من X الى Y فهذا يعني ان:

X هي الذوبانية في الماء النقي S

Y هي الذوبانية بوجود الايون المشترك Y

ملاحظة: اذا اعطى الذوبانية في الماء النقي S نستخرج منها K_{SP} مباشرة.

نقوم بحساب K_{SP} من الذوبانية الاولى S

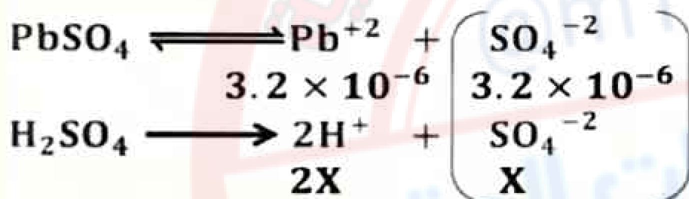


$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$\quad 1.26 \times 10^{-4} \quad 1.26 \times 10^{-4}$$

$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$

$K_{SP} = 1.26 \times 10^{-4} \times 1.26 \times 10^{-4} \Rightarrow K_{SP} = 1.6 \times 10^{-8}$

نقوم بحساب تركيز حامض الكبريتيك H_2SO_4

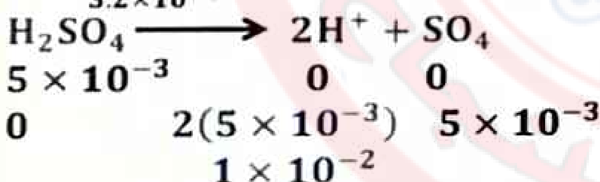


$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$\quad 3.2 \times 10^{-6} \quad 3.2 \times 10^{-6}$$
$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$
$$\quad 2X \quad X$$

$K_{SP} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$

$1.6 \times 10^{-8} = (3.2 \times 10^{-6})(3.2 \times 10^{-6} + X) \Rightarrow 1.6 \times 10^{-8} = (3.2 \times 10^{-6}) \times X$

$X = \frac{1.6 \times 10^{-6}}{3.2 \times 10^{-6}} \Rightarrow X = [H_2SO_4] = 0.005\ M$ (تركيز H_2SO_4 بعد الاضافة)



$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4$$
$$5 \times 10^{-3} \quad 0 \quad 0$$
$$0 \quad 2(5 \times 10^{-3}) \quad 5 \times 10^{-3}$$
$$1 \times 10^{-2}$$

$[H^+] = 1 \times 10^{-1} M$

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -\log 1 \times 10^{-2} \Rightarrow PH = -(\log 1 + \log 10^{-2})$

$PH = -(0 - 2) \Rightarrow PH = 2$ قيمة PH بعد الاضافة

الان نقوم بحساب PH قبل الاضافة لحامض الكبريتيك

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_1 \times \frac{1}{1000} = 0.005 \times 1 \Rightarrow M_1 \times 0.001 = 0.005$

$M_1 = \frac{0.005}{0.001} \Rightarrow M_1 = 5M$ تركيز H_2SO_4 قبل الاضافة



$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$



$$5 \quad 0 \quad 0$$
$$0 \quad 2(5) \quad 5$$
$$10 \qquad [H^+] = 10$$

$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 10 \Rightarrow PH = -1$ PH قبل الاضافة

ثالثاً تأثير الاس الهيدروجيني:

تعتمد ذوبانية الكثير من المواد على تركيز ايون H^+ في المحلول ومن اهم تلك المواد الذي بشكل ايون الهيدروجين او ايون الهيدروكسيد أحد مكوناتها مثل هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ حيث يتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيمة PH للمحلول ومن خلال تأثير الايون المشترك.



$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$

فعند اضافة حامض الى هذا المحلول سوف يؤدي الى اتحاد ايون H^+ مع ايونات الهيدروكسيد OH^- لتكوين جزيئات الماء حيث يؤدي هذا الى اختلال في عملية التوازن المتمثلة بالمعادلة السابقة ولتعويض عن النقص الحاصل في ايونات H^+ يتفكك مزيد من جزيئات OH^- الى المحلول المتزن لهذا المركب فان ذلك يؤدي الى تكوين الذوبانية من خلال الايون المشترك.

ملاحظات قبل الدخول الى مسائل الاس الهيدروجيني

يمكن معرفة السؤال الذي يخص الاس الهيدروجيني من خلال اعطاء قيمة (PH او POH) و KSP ويطلب الذوبانية.

طريقة حل اسئلة الاس الهيدروجيني:

1- نستخرج تركيز (H^+ او OH^-) من قيم PH او POH .

2- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان كالتالي:

اذا كان الملح ثنائي الهيدروكسيد	اذا كان الملح احادي الهيدروكسيد
$X(OH)_2 \rightleftharpoons X^{+2} + 2OH^-$ نطبق قانون Ksp لاستخراج ذوبانية X $Ksp = [X^{+2}][OH^-]^2$ $X = \frac{Ksp}{[OH^-]^2}$ حيث ان X هي الذوبانية S	$XOH \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ نطبق قانون Ksp لاستخراج ذوبانية X $Ksp = [X^+][OH^-]$ $X = \frac{Ksp}{[OH^-]}$ حيث ان X هي الذوبانية S

تمرين 24 احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبت حموضته عند:

أ) $PH = 6$ ؟ ب) $PH = 9$ ؟ إذا علمت ان: $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$

الحل:

أ عند $PH = 6$ نقوم بحساب تركيز OH^- من خلال PH

$[H^+] = 10^{-PH}$

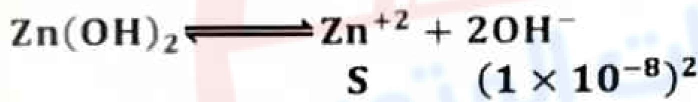
$[H^+] = 10^{-6}\ M$

$[H^+][OH^-] = K_w$

$1 \times 10^{-6} \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \dfrac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} \Rightarrow [OH^-] = 1 \times 10^{-8}\ M$

نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان هيدروكسيد الخارصين



$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$

$S \qquad (1 \times 10^{-8})^2$

$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = S \times (1 \times 10^{-8})^2$

$S = \dfrac{1.2\times10^{-17}}{1\times10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1}\ M = 0.12M$

ب عند $PH = 9$ نحسب تركيز OH^- من PH

$[H^+] = 10^{-PH}$

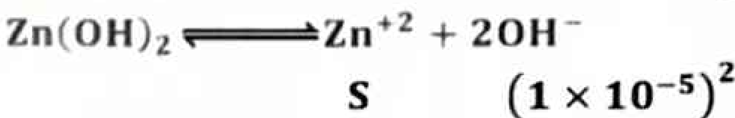
$[H^+] = 10^{-9}\ M$

$[H^+][OH^-] = K_w$

$1 \times 10^{-9} \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \dfrac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} \Rightarrow [OH^-] = 1 \times 10^{-5}\ M$

نكتب معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين لايجاد الذوبانية



$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$

$S \qquad (1 \times 10^{-5})^2$

$Ksp = [Zn^{+2}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = S \times (1 \times 10^{-5})^2$

$S = \dfrac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7}\ M$

نلاحظ ان الذوبانية عند $PH = 9$ قد انخفضت

تمرين 19 ما هي اقل دالة حامضية PH لمحلول حاوي ايون الحديد (III) بتركيز يساوي 2×10^{-10} التي تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول علما ان K_{sp} لهيدروكسيد الحديد (III) تساوي 5×10^{-38} ؟

الحل: نكتب معادلة تفكك هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$



$$Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$5 \times 10^{-38} = (2 \times 10^{-10}) \times [OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{2 \times 10^{-10}} = \frac{5}{2} \times 10^{-28} \Rightarrow [OH^-]^3 = 2.5 \times 10^{-28}$$

$$[OH^-] = 250 \times 10^{-30} \text{ بالجذر التكعيبي } \Rightarrow [OH^-] = 6.29 \times 10^{-10} M$$

بما ان المطلوب هو دالة حامضية اذا يجب ان نستخرج PH

$$POH = -\log[OH^-]$$

$$POH = -\log 6.29 \times 10^{-10}$$

$$POH = -(\log 6.29 + \log 10^{-10})$$

$$POH = -(0.8 - 10) \Rightarrow POH = -(-9.2) \Rightarrow POH = 9.2$$

نستخرج PH من POH

$$PH + POH = 14$$

$$PH + 9.2 = 14 \Rightarrow PH = 14 - 9.2 \Rightarrow PH = 4.8$$

مثال 21 احسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنيسيوم $Ksp = 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبتت درجة حموضته عند $PH = 10.5$ ؟

الحل: في البداية نقوم باستخراج تركيز OH^- من خلال PH

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{+11} \times 10^{-11}$$

$$[H^+] = 10^{-10.5+11} \times 10^{-11}$$

$$[H^+] = 10^{0.5} \times 10^{-11} \Rightarrow [H^+] = 3.17 \times 10^{-11} M$$

log 3.17 = 0.5

الان نستخرج OH^- من H^+ من خلال قانون K_w

$$[H^+][OH^-] = K_w$$

$$3.17 \times 10^{-11} \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.17 \times 10^{-11}} = 0.315 \times 10^{-3} \cong 3.15 \times 10^{-4} M$$

نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان $Mg(OH)_2$



$$Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg^{+2} + 2OH^-$$

$$\qquad\qquad S \qquad 3.15 \times 10^{-4}$$

$$Ksp = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.8 \times 10^{-11} = S \times (3.15 \times 10^{-4})^2$$

$$S = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{10 \times 10^{-8}} = 0.19 \times 10^{-3} = 1.9 \times 10^{-4} M$$ ذوبانية هيدروكسيد المغنيسيوم

مفتاح الكيمياء

الفصل الرابع

اعداد الاستاذ

حسين الهاشمي

السادس الاحيائي

الفصل الرابع

الكيمياء الكهربائية

الكيمياء الكهربائية: وهي فرع من فروع علم الكيمياء تهتم بالتحولات بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية، حيث تحصل بعض التفاعلات الكيميائية نتيجة لإمرار تيار كهربائي، كما تؤدي بعض التفاعلات الى نشوء تيار كهربائي.

اهم تطبيقات الكيمياء الكهربائية:

1- تصميم واستعمال البطاريات المختلفة.
2- عمليات الطلاء والترسيب الكهربائي.
3- تصنيع الدوائر الالكترونية المطبوعة.
4- عمليات تنقية الفلزات.

اعداد التأكسد

عدد التأكسد: وهو عدد يمثل الالكترونات التي تفقدها او تكتسبها الذرة حيث ان:

فقدان + | اكتساب -

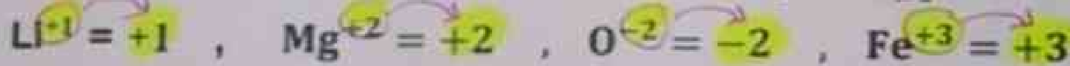
وقد يكون + او - او ٥ وهو العدد الموجود او اعلى العنصر

القواعد المستخدمة لحساب اعداد التأكسد

1- عدد التأكسد لأي عنصر غير متحد (عنصر حر) = صفر مثل:


$Na, Be, K, Pb, H_2, O_2, P_4$

٢- عدد التأكسد للأيون احادي الذرة يساوي الشحنة على هذا الايون مثل:


$Li^{+1} = +1$, $Mg^{+2} = +2$, $O^{-2} = -2$, $Fe^{+3} = +3$

٣- عدد التأكسد للهيدروجين (+1) لكن في الهيدريدات (−1) مثلا:


عدد التأكسد للهيدروجين في الماء $+1 = H_2O$

اما عدد تأكسد الهيدروجين في $NaH = -1$ (هيدريد الصوديوم)

4- عدد التأكسد للأوكسجين (−2) لكن في البيروكسيدات (−1)

فعدد التأكسد للأوكسجين في الماء H_2O هو $O_2 = (-2)$

اما البيروكسيدات H_2O_2 هو $O_2 = (-1)$

-5

أ) اعداد التأكسد لعناصر الزمرة الاولى (+1) مثل Li , Na , K , Rb

ب) عدد التأكسد لعناصر الزمرة الثانية (+2) مثل Be , Mg , Ca , Sr

جـ) عدد التأكسد لعناصر الزمرة الثالثة (+3) مثل B , AL , Ga , In

6- اعداد التأكسد للهالوجينات (الزمرة السابعة) (VIIA) (−1) F , Cl , Br , I

ولاستخراج اعداد التأكسد لذرات العناصر الاخرى التي لم تذكر في القواعد اعلاه فيمكن استخدام القاعدتين :

القاعدة الاولى مجموع اعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب المتعادل يساوي صفر

مثال NaCl

$$Cl = -1 \qquad Na = +1$$

$$\therefore \; +1 - 1 = 0$$

القاعدة الثانية مجموع اعداد التأكسد لجميع الذرات في الايون المتعدد الذرات يساوي شحنة الايون مثال $H_2PO_4^-$

$$(2 \times +1) + P + (4 \times -2) = -1$$

$$2 + P - 8 = -1$$

$$P = +8 - 1 - 2$$

$$P = +8 - 3$$

$P = +5$ عدد تأكسد شحنة الفسفور

ملاحظة بعض العناصر لها اكثر من عدد تأكسد في مركباتها المختلفة

$H_2 = 0$ اي ما على شي يعني صفر مثل

حفظ

Cl = −1

H = +1 ← لكن في الهيدريدات NaH يكون (−1)

$O_2 = -2$ ← لكن في البروكسيدات Na_2O_2 (−1)

Na, K] +1

مثال 1 حدد اعداد تأكسد العناصر في الايونات والمركبات والذرات التالية؟

الحل


F_2 $F = 0$


BaO $Ba + (-2) = 0$

$\therefore Ba = +2$


PO_4^{-3} $P + (4 \times -2) = -3$

$P - 8 = -3$

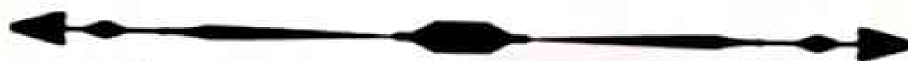
$P = +5$


Mg^{+2} $Mg = +2$


KCl $K = +1$ $Cl = -1$


SO_2 $S + (2 \times -2) = 0 \rightarrow S - 4 = 0$

$S = +4$




تمرين 1 احسب عدد تأكسد العناصر المشار لها باللون الاحمر في المركبات والايونات التالية :

MnO_4^{-1} $K_2Cr_2O_7$ $NaIO_3$ H_2SO_4 H_2CO_3 HPO_4^{-2}

الحل


MnO_4^{-1}: $Mn + (4 \times -2) = -1$

$Mn - 8 = -1 \rightarrow Mn = +7$


$K_2Cr_2O_7$: $(2 \times +1) + 2Cr + (7 \times -2) = 0$

$2Cr = +12 \rightarrow \therefore Cr = +6$


$NaIO_3$: $(1 \times +1) + I + (3 \times -2) = 0$

$I = +5$


H_2SO_4 $(2 \times +1) + S + (4 \times -2) = 0$

$+2 + S - 8 = 0$

$S = +8 - 2 \rightarrow S = +6$


H_2CO_3 $(2 \times +1) + C + (3 \times -2) = 0$

$+2 + C - 6 = 0$

$C = 6 - 2 \rightarrow C = +4$


HPO_4^{-2} $(1 \times +1) + P + (4 \times -2) = -2$

$1 + P - 8 = -2 \rightarrow P = -2 + 8 - 1 = +5$

تفاعلات التأكسد والاختزال

التأكسد: عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي الى زيادة في اعداد التأكسد تحصل عملية التأكسد عند القطب الموجب المسمى بالقطب الانود كما في المعادلة التالية:



$$A^{0} \rightarrow A^{+1} + e^{-}$$

الاختزال: عبارة عن تغير كيميائي يصحبه اكتساب في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي الى نقصان في اعداد التأكسد تحصل عملية الاختزال عند القطب السالب المسمى بقطب الكاثود كما في المعادلة التالية:



$$A^{0} + e^{-} \rightarrow A^{-}$$



الصنف الذي يزداد عدد تأكسده هو الذي تم اكسدته.

الصنف الذي ينقص عدد تأكسده هو الذي تم اختزاله.

CHEMISTRY

مثال توضيحي لنأخذ على سبيل المثال التفاعل التالي بين النحاس والخارصين

الحل



$$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$$



لاحظنا ان الخارصين زاد عدد تأكسده من 0 الى 2+ اذا الخارصين Zn يعاني تأكسد



لاحظنا ان النحاس قل عدد تأكسده من 2+ الى 0 اذا النحاس Cu يعاني اختزال



علل لا يمكن ان تحدث عملية التأكسد دون حدوث عملية الاختزال؟

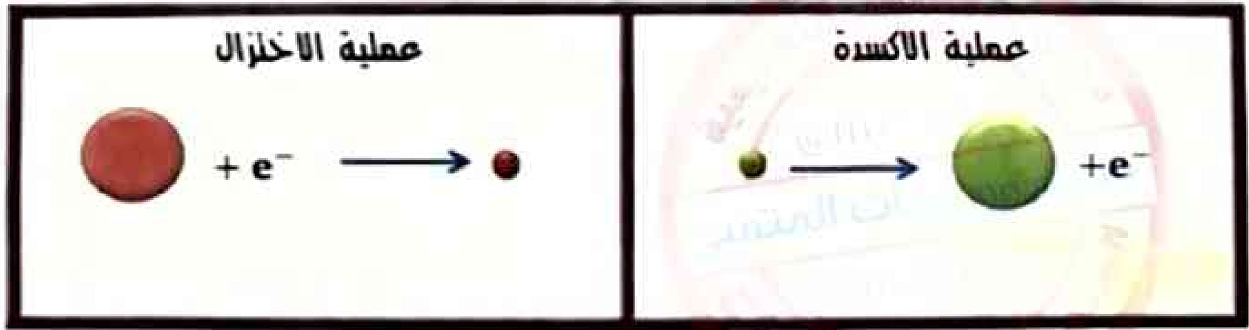
ج:





وذلك لان المادة التي تتأكسد تقابلها مادة تختزل ويكون العدد الكلي للإلكترونات المفقودة نتيجة التأكسد مساوياً لعدد الالكترونات المكتسبة نتيجة الاختزال

مخطط يوضح موقع الالكترونات المفقودة والمكتسبة



e^- توضع في نواتج الطرف الذي يعاني تأكسد

e^- توضع في متفاعلات الطرف الذي يعاني اختزال

مثال هل يعتبر التفاعل التالي تفاعل أكسدة واختزال ؟



$$P^{+5}Cl_5^{-1} + 4H_2^{+1}O^{-2} \rightarrow H_3^{+1}P^{+5}O_4^{-2} + 5H^{+1}Cl^{-1}$$

الحل ان هذا التفاعل لا يعتبر اكسدة واختزال لعدم وجود تغير في اعداد التأكسد للعناصر جميعا اي ان (P) في المتفاعلات 5+ وفي النواتج 5+ وكذلك H و O و Cl

مثال هل يعتبر التفاعل التالي تفاعل أكسدة واختزال؟



$$Cu^0 + 4H^{+1}N^{+5}O_3^{-2} \rightarrow Cu^{+2}(N^{+5}O_3^{-2})_2 + 2N^{+4}O_2^{-2} + 2H_2^{+1}O^{-2}$$

الحل نعم يعتبر تفاعل اكسدة واختزال لوجود تغير في اعداد التأكسد لاحظ بنفسك التغيرات في اعداد التأكسد!

س هل يعتبر التفاعل التالي تفاعل أكسدة واختزال؟



$$Cu + 2Ag^{+} \rightarrow Cu^{+2} + 2Ag$$

ج نعم يعتبر تفاعل اكسدة واختزال حيث ان النحاس ازداد عدد تأكسده اذا يعاني اكسدة و الفضة قل عدد تأكسده اذا هو يعاني اختزال.



كتابة معادلة نصف التفاعل اكسدة واختزال

لو اخذنا التفاعل التالي :



$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-}$$

يمكن تقسيمه الى نصفين:

- نصف تفاعل تأكسد



$$2Na \rightarrow 2Na^{+} + 2e^{-}$$

- نصف تفاعل اختزال



$$Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}$$

نجمع المعادلتين ينتج ←



$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-}$$



مثال ٢ حدد الذرات التي تعاني تأكسدا وتلك التي تعاني اختزالا في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال.

العادلة الاولى



$$Cl_2 + 2I^{-} \rightarrow 2Cl^{-} + I_2$$

العادلة الثانية



$$Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe$$

الحل

$$Cl_2 + 2I^{-} \rightarrow 2Cl^{-} + I_2$$

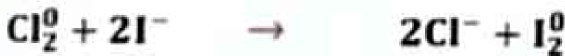


• نصف تفاعل تأكسد

$$2I^{-} \rightarrow I_2 + 2e^{-}$$

• نصف تفاعل اختزال

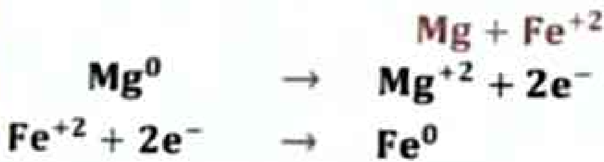
$$Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}$$



$$Cl_2^0 + 2I^{-} \rightarrow 2Cl^{-} + I_2^0$$



$$Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe$$



• نصف تفاعل تأكسد

$$Mg^0 \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-}$$

• نصف تفاعل اختزال

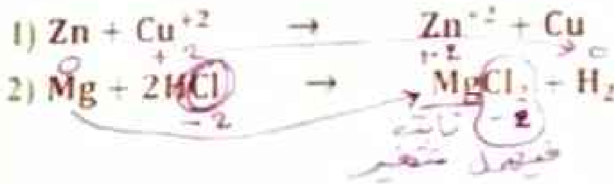
$$Fe^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Fe^0$$



$$Mg^0 + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe^0$$

لاتنسى ان اي عنصر لايحتوي على شحنة اذن شحنته تساوي صفر حسب القاعدة (١)

تمرين 2 حدد الذرات التي تعاني تأكسدا وتلك التي تعاني اختزالا في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال



1) $Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

2) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

الحل



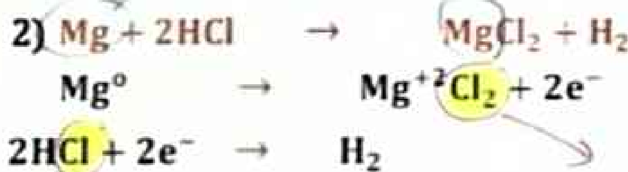
1) $Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ • نصف تفاعل الاكسدة

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ • نصف تفاعل اختزال



$Zn^0 + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu^0$



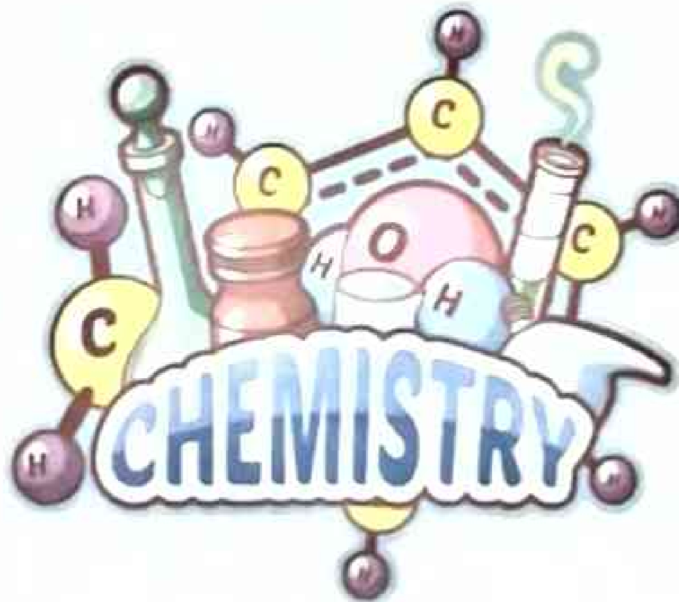
2) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

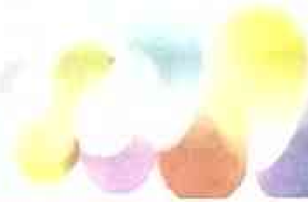
$Mg^o \rightarrow Mg^{+2}Cl_2 + 2e^-$ • نصف تفاعل الاكسدة

$2HCl + 2e^- \rightarrow H_2$ • نصف تفاعل اختزال



$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$





العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

العامل المختزل: وهي المادة التي لها القدرة على اختزال مادة اخرى وهي التي تفقد الالكترونات ويزداد عدد تأكسدها خلال تفاعل التأكسد والاختزال

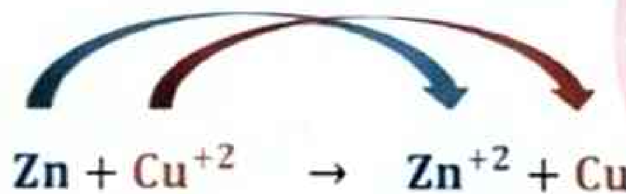
العامل المؤكسد: وهي المادة التي لها القدرة على اكسدة مادة اخرى وهي التي تكتسب الالكترونات ويقل عدد تأكسدها خلال تفاعل التأكسد والاختزال

باختصار

العامل المختزل هي المادة التي تتأكسد
العامل المؤكسد هي المادة التي تختزل

لو عدنا للتفاعل الأول بين النحاس والخارصين





$$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$$

لاحظنا ان الخارصين زاد عدد تاكسده من 0 الى 2+ اذا الخارصين Zn يعاني تاكسد

لاحظنا ان النحاس قل عدد تاكسده من 2+ الى 0 اذا النحاس Cu يعاني اختزال

الان نترك المهم ونتكلم بالاهم 

بما ان الخارصين يعاني (تاكسد) اذن هو (عامل مختزل)

بما ان النحاس يعاني (اختزال) اذن هو (عامل مؤكسد)

العامل المؤكسد	العامل المختزل
المادة التي تختزل وتسبب تاكسد لمادة اخرى	المادة التي تتاكسد وتسبب اختزال لمادة اخرى

س١٥ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الاتي:



$$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \rightarrow AgNO_3 + 2KCl + H_2O$$

ج

$AgNO_2$ هو العامل المختزل لانه عانى تاكسد

Cl_2 هو العامل المؤكسد لانه عانى اختزال



$$AgNO_2 \rightarrow AgNO_3$$



$$Cl_2 \rightarrow 2KCl$$



مثال٣ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الاتية



1) $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$



2) $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$

الحل



1) $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$



$Zn^0 \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ عامل مختزل لانه عانى تاكسد



$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ عامل مؤكسد لانه عانى اختزال



2) $Cu^0 + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag^0$



$Cu^0 \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ عامل مختزل لانه عانى تاكسد



$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag^0$ عامل مؤكسد لانه عانى اختزال





تمرين ٢ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل مكان من التفاعلات التالية:

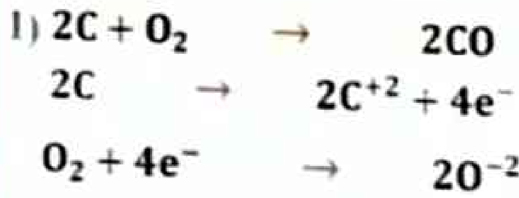


1) $2C + O_2 \rightarrow 2CO$

2) $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$

3) $Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe$

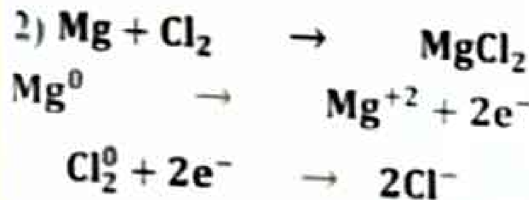
الحل:



1) $2C + O_2 \rightarrow 2CO$

$2C \rightarrow 2C^{+2} + 4e^-$ عامل مختزل (عانى تأكسد)

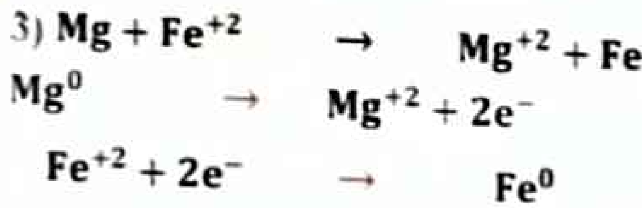
$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{-2}$ عامل مؤكسد (عانى اختزال)



2) $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$

$Mg^0 \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ عامل مختزل (عانى تأكسد)

$Cl_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ عامل مؤكسد (عانى اختزال)



3) $Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe$

$Mg^0 \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ عامل مختزل (عانى تأكسد)

$Fe^{+2} + 2e^- \rightarrow Fe^0$ عامل مؤكسد (عانى اختزال)

الخلايا الكهروكيمياوية

الخلايا الكهروكيميائية: وهي الخلايا التي تتكون من قطبين يسمى أحدهما القطب الموجب أو الانود وهو القطب الذي تجري عنده عملية التأكسد ويكون مصدرا للإلكترونات إما القطب الثاني فهو القطب السالب ويدعى بالكاثود وهو القطب الذي تجري عنده عملية الاختزال حيث تتحول اليه الإلكترونات المنتقلة من القطب الموجب من خلال سلك خارجي يكون كلا القطبين مغمورين في محلول الكتروليتي تشترك مكوناته في تفاعلات الأكسدة والاختزال والتي تجري على سطح القطبين.

تقسم الخلايا الكهروكيميائية الى قسمين:

1- الخلايا الكلفانية اوالفولتائية

2- الخلايا الالكتروليتية: مثل خلية التحليل الكهربائي "الطلاء الكهربائي"

الخلايا الكلفانية وهي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائيا لتوليد تيار كهربائي وتسمى مثل هذه الخلايا بالخلايا الكلفانية او الخلايا الفولتائية وهذه الاسماء مشتقة من اسمين عالمين ايطاليين هما (لويجي كلفاني) و (اليساندرو فولتا).

ان من الامثلة على انواع الخلايا الكلفانية هي النضائد "البطاريات"



س اذكر تجربة لتوضيح تفاعلات الاكسدة والاختزال في خلية كلفانية؟

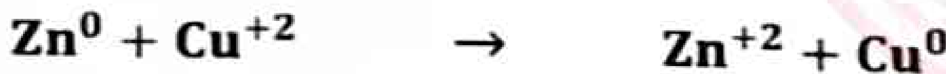
س صف ماذا يحدث عند غمر لوح من الخارصين Zn في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$

ج عند غمر لوح من الخارصين Zn في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ يبدأ بالتأكل والاضمحلال ويصاحب ذلك زيادة في تركيز ايونات الخارصين اي حدوث تفاعل تلقائي حيث تتكون طبقة اسفنجية بنية اللون (من النحاس) بأكساء الخارصين ويترسب قسم من هذا النحاس في قعر الاناء ويبدأ اللون الازرق للمحلول بالاضمحلال نتيجة لنقصان تركيز ايونات النحاس في المحلول حتى يصبح عديم اللون كما في التفاعل الاتي

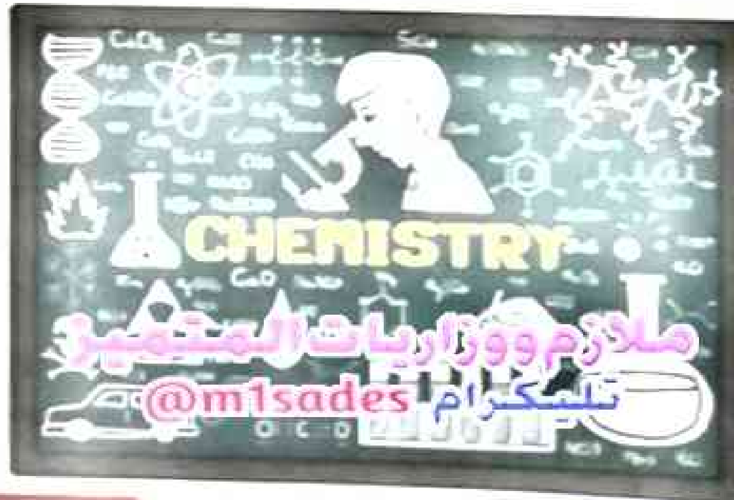


$$Zn + Cu^{+2}SO_4^{-2} \rightarrow Zn^{+2}SO_4^{-2} + Cu$$

لو تلاحظ ان ايونات SO_4 لم تعاني تغيرا في عدد التأكسد "اي انها لم تشترك في التفاعل" لذا يمكن كتابة التفاعل اعلاه بالشكل الاتي :

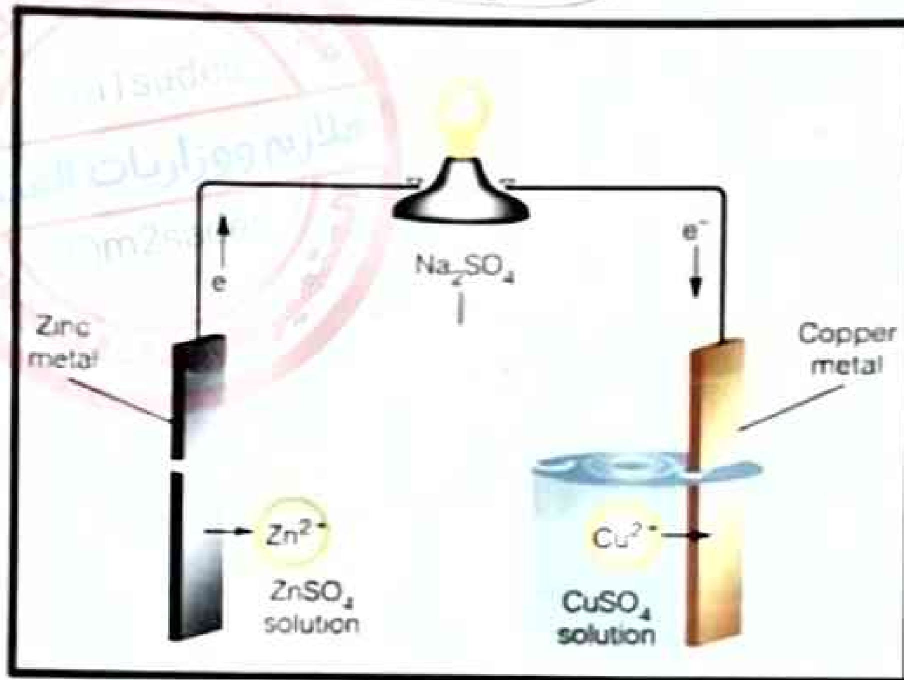


$$Zn^0 + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu^0$$

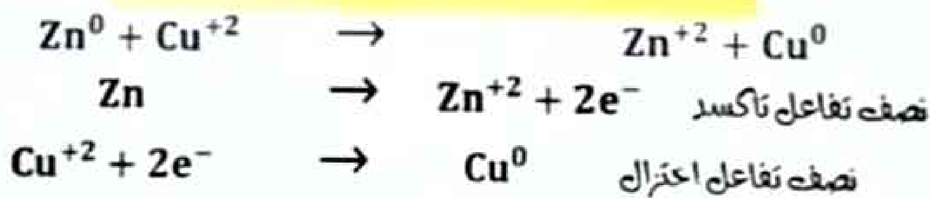


خلية دانيال

وهي نموذج من خلية كهروكيمياوية تحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية ويكون عملها تلقائي $\Delta G = -$



التفاعل العام لخلية دانيال



$Zn^0 + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu^0$

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

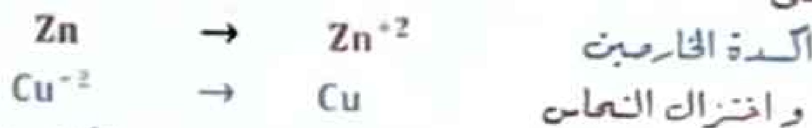
$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ نصف تفاعل اختزال

المكونات الاساسية لخلية دانيال :

1- لوح من الخارصين Zn مغمور في محلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$

2- لوح من النحاس Cu مغمور في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$

حيث تعمل الخلية على :



$Zn \rightarrow Zn^{+2}$ أكسدة الخارصين

$Cu^{+2} \rightarrow Cu$ و اختزال النحاس

3- سلك خارجي : يعمل على نقل الالكترونات بين القطبين "الانود والكاثود"

4- جسر ملحي : يعمل على نقل الايونات بين المحلولين

الجسر الملحي: هو عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرف U مقلوب يحتوي على محلول الكتروليتي خامل لايتغير كيميائيا خلال العملية يثبت بداخل الانبوب بمادة الاكار، ومن المركبات المستعملة لملئ الجسر الملحي هي K_2SO_4 , KNO_3 , KCl .

الاكار: وهي مادة تستعمل لتثبيت المادة الالكتروليتية الخاملة وهي مادة صمغية يحصل عليها من الطبيعة ولها استخدامات عديدة حيث تصبح سائلة عند تسخينها وتتصلب في درجة حرارة الغرفة

قطب العنصر: وهو ذلك العنصر في محلول ايوناته او في حالة تماس مع محلول يحتوي على ايونات ذلك العنصر

س: ماهي المواد المستعملة لملأ الجسر الملحي؟

ج: ١- KCl

2- KNO_3

3- K_2SO_4

س: ماهي فائدة الجسر الملحي؟

ج: 1- تتحرك الايونات من خلاله من وعاء الى اخر

٢- اكمال الدائرة الكهربائية

٣- فصل محلولي القطبين

الانود: وهو القطب الذي تجري عنده عملية الاكسدة وهو مصدر الالكترونات

الكاثود: وهو القطب الذي تجري عنده عملية الاختزال والذي تتحول اليه الالكترونات المنتقلة من قطب الانود

الية عمل الخلية (ماذا يحصل داخل الخلية) ؟

تنتقل الالكترونات عبر السلك الموصل "الخارجي" اما الايونات تنتقل عبر الجسر الملحي و عندما تتم تكملة الدائرة الكهربائية يبدأ التفاعل تلقائيا

قطب الانود Zn (+): نلاحظ ان كل ذرة خارصين Zn فقدت الكترونين (عانت تأكسد) لتعطي ايون الخارصين Zn^{+2} وتنتقل الالكترونات من قطب الخارصين الموجب (ذرات الخارصين) عبر السلك الموصل الخارجي نتيجة لتحول ذرات الخارصين الى ايونات موجبة Zn^{+2} وتدخل المحلول الى قطب النحاس حيث يحصل عملية اختزال لأيوناته



$$Zn^0 \rightarrow Zn^{+2} + 2e^- \quad \text{تأكسد}$$

س متى يتوقف عمل الخلية؟

ج يتوقف عمل الخلية عندما تستهلك قطعة الخارصين بشكل تام او عندما ينتهي تركيز النحاس

قطب الكاثود Cu (−) : يقوم ايون النحاس باكتساب الكترونين القادمة من Zn عبر السلك الموصل



$Cu^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cu^{0}$ اختزال



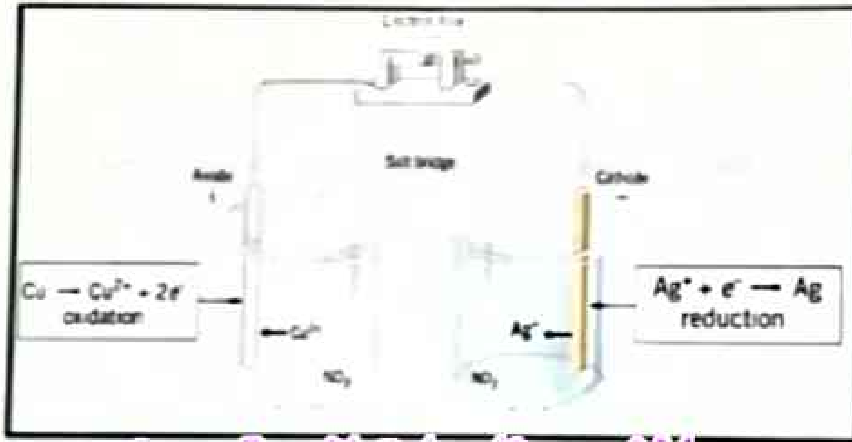
مثال : اذا علمت ان التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل



$Cu + 2Ag^{+} \rightarrow Cu^{+2} + 2Ag$

أ- اكتب تفاعلي نصفي الخلية

ب- وضح اتجاه سريان الالكترونات عبر السلك الخارجي وباتجاه حركة الايونات عبر الجسر الملحي المملوء بمحلول KNO_3





الحل

أ- تفاعلات نصفي الخلية



$Cu^{0} \rightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$ نصف تفاعل تأكسد (الانود)



$2Ag^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2Ag^{0}$ نصف تفاعل اختزال (الكاثود)

ب- تسري الالكترونات عبر السلك الخارجي منطلقة من الانود (قطب النحاس) Cu عبر الكاثود (قطب الفضة) Ag

بينما تتحرك الايونات الموجبة K^{+} عبر الجسر الملحي بأتجاه القطب السالب (الكاثود)

والايونات السالبة NO_3^{-} بأتجاه القطب الموجب (الانود)

ملاحظة

المحلول الالكتروليتي الموجود داخل الجسر الملحي ينتقل كالتالي :

تنتقل الايونات السالبة باتجاه القطب الموجب الانود بينما تنتقل الايونات الموجبة باتجاه القطب السالب الكاثود



جهد الخلية الكلفانية

جهد القطب: وهو فرق الجهد الحاصل بين لوح العنصر ومحلول ايوناته ويقسم الى قسمين:

1- جهد التأكسد: هو مقدار ميل المادة نحو فقدان الالكترونات

2- جهد الاختزال: هو مقدار ميل المادة نحو اكتساب الالكترونات

جهد الخلية: أكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الكلفانية ويرمز له بالرمز Ecell (حيث cell تعني خلية) وهو مقياس للجهد وليس للقوة الكهربائية (emf).

س) علام يعتمد جهد الخلية؟

ج) ١- طبيعة الأقطاب والايونات ٢- تركيز الايونات

٣- درجة الحرارة التي تعمل بها الخلية



علل يسري التيار الكهربائي من الانود باتجاه الكاثود

ج: بسبب الفرق بين الجهد الكهربائي للقطبين حيث يقاس بمقياس يدعى مقياس الجهد او الفولتميتر يسمى الجهد بين قطبي الخلية الكلفانية بجهد الخلية ويرمز له بالرمز (E) ويسمى جهد الخلية بمصطلح شائع اخر هو القوة الدافعة الكهربائية (emf) وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة.

حيث ان

Ecell جهد الخلية

Eanode جهد التأكسد

Ecathode جهد الاختزال

جهد الخلية = المجموع الجبري لجهدي التأكسد والاختزال

اي ان

$$E_{cell} = E_{anode} + E_{cathode}$$

وعند الظروف القياسية $25C^\circ$ و 1 atm

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

ان وحدة قياس الجهد الكهربائي هي الفولط volt

ويرمز له بالرمز V

Ecell

قياس جهود الاقطاب

ان قياس جهد الخلية القياسي E_{cell}
يتطلب قياس جهود اقطاب التأكسد و الاختزال تحت الظروف القياسية
لذلك يجب ان يكون هنالك مرجع لقياس جهود الاقطاب الاخرى
نسبة اليه واهمها قطب الهيدروجين القياسي.

قطب الهيدروجين القياسي 

قطب الهيدروجين القياسي: وهو قطب ذو جهد قياسي معلوم لأنه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر حيث يمكن استخدامه كقطب انود او كاثود.

علل لماذا تم اختيار قطب الهيدروجين كمرجع ؟

ج: وذلك لانه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر فيمكن استخدامه كقطب أنود أو كاثود



س ما هي مكونات قطب الهيدروجين؟

ج يتكون من انبوبه زجاجية يمرر بها غاز الهيدروجين على شكل فقاعات بضغط مقداره 1 atm وحرارة $25C^{\circ}$ • في محلول يحتوي على أيونات H^{+} مثل HCl بتركيز 1 M وتحتوي الانبوبة الزجاجية في أسفلها على قطعة من البلاتين مغطاة بطبقة خشنة من البلاتين الاسود متصلة بسلك من البلاتين.



علل لماذا يستخدم عنصر البلاتين لصنع قطب الهيدروجين القياسي

ج: لان البلاتين مادة خاملة لا تعاني تأكسد واختزالاً وأنه يقوم بمهمتين:

1 – توفير سطح للقطب يمكن تفكك جزيئات الهيدروجين عليه.

2 – توفير وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الخارجية.



س ماهي أهمية قطب الهيدروجين القياسي ؟

ج قطب مرجع يستخدم لقياس جهود الاقطاب الاخرى .

يرمز لقطب الهيدروجين بالرمز SHE

ولقد تم الاتفاق دوليا على ان يكون:

جهد قطب الهيدروجين القياسي = صفر فولت ($E_{H_2} = 0.0\ V$)

قطب الهيدروجين كـ أنود (تأكسد) $E^{\circ}_{anode} = 0.0\ V$

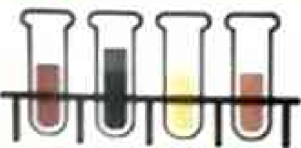


$$H_2 \rightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$$

قطب الهيدروجين كـ كاثود (اختزال) $E^{\circ}_{cathode} = 0.0\ V$



$$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$$



H ان قطب الهيدروجين والعين دائما كاثود

ملاحظة

علل

عندما يكون قطب الهيدروجين انود (تأكسد)

عندها سوف يزداد تركيز ايونات الهيدروجين فتزداد الحامضية فتقل قيمة الاس الهيدروجيني PH

عندما يكون قطب الهيدروجين كاثود (اختزال)

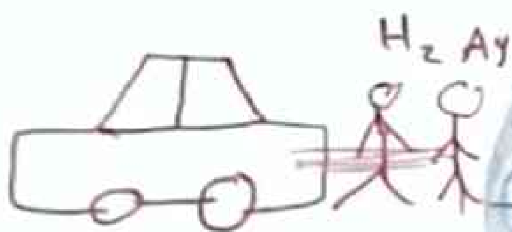
عندها سوف يقل تركيز ايونات الهيدروجين فتقل الحامضية فتزداد قيمة الاس الهيدروجيني PH

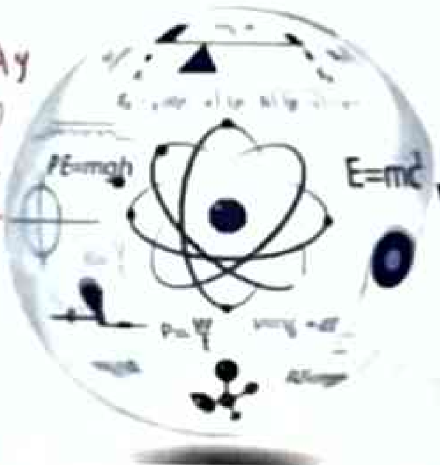
اهمية قطب الهيدروجين القياسي

يمكن استخدام قطب الهيدروجين القياسي لقياس الجهود القياسية للأقطاب الأخرى، فعندما يربط هذا القطب مع أي قطب آخر لعمل خلية سيكون جهد الخلية القياسي مساوياً الى مجموع الجهد القياسي لقطب العنصر (مضافاً له) جهد قطب الهيدروجين القياسي، وبما أن قيمة جهد قطب الهدروجين = صفر اذا سيكون جهد قطب العنصر مساوي الى جهد الخلية نفسها

س) متى يكون الجهد القياسي لقطب العنصر يساوي جهد الخلية نفسها ؟

ج) عندما يكون أحد القطبين في الخلية هو قطب الهيدروجين القياسي (SHE) لأن قيمة جهد (SHE) يساوي صفراً.





حساب جهد الخلية القياسي :

ملاحظات مهمة قبل الدخول لمسائل جهد الخلية :

1 – يتم اختيار الانود للعنصر الذي يمتلك اقل جهد اختزال قياسي بينما اختيار الكاثود للعنصر الذي يمتلك اعلى جهد اختزال قياسي.

2 – يجب ان يكون عدد الالكترونات المفقودة عند قطب الانود ((عملية الاكسدة)) مساوي لعدد الالكترونات المكتسبة عند قطب الكاثود ((عملية الاختزال)) .
أما في حال كانت عدد الالكترونات غير متساوية فيجب ضرب المعادلة أو احد طرفيها برقم مناسب للمساواة التفاعل العام للخلية يكون خالياً من الالكترونات لأنها تختصر من طرفي المعادلة في نصفي التفاعل.

3 – عند ضرب طرفي المعادلة برقم معين فان قيمة جهد القطب القياسي لا تتغير اي تبقى ثابتة

علل لا تتضاعف قيم جهود الأقطاب عند مضاعفة تفاعلات التأكسد والاختزال :

ج: وذلك لأن الجهد من الخواص المركزة التي لا تعتمد على كمية المادة المشتركة في التفاعل وأنما يعتمد على التركيز المولاري لأيونات محلول القطب لاحظ المثال التالي:



$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \qquad E^\circ_{I_2/I^-} = 0.53\ V$$



$$2I_2 + 4e^- \rightarrow 4I^- \qquad E^\circ_{I_2/I^-} = 0.53\ V$$

4 – تفاعلات نصفي الخلية: هي تفاعلات انعكاسية حيث يمكن لاي قطب ان يعمل كأنود او ككاثود اعتماداً على الظروف المستعمل فيها .

5 – لأستخراج قيمة جهد الخلية القياسي E°_{cell} تكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الأقطاب وتكتب أمامها جهودها القياسية ثم تستخدم العلاقات التالية لحساب E°_{cell} .

$$E_{cell} = E_{anode} + E_{cathode}$$

6 – اذا كانت

موجبة	$E^{\circ}_{cell} = +$	الخلية تلقائية والربط صحيح
سالبة	$E^{\circ}_{cell} = -$	الخلية غير تلقائية والربط غير صحيح

عكس اشارة ΔG في الفصل الاول

7 –

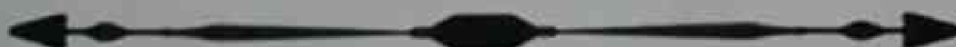




$Li^+ + e^- \rightarrow Li$ $E^{\circ}_{cathode} = -3.04\ V$



$Li \rightarrow Li^+ + e^-$ $E^{\circ}_{anode} = +3.04\ V$

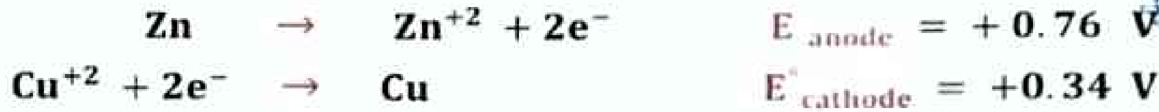


• اذا كان التفاعل العام للخلية معطى يمكن من خلاله تحديد الانود والكاثود من خلال الزيادة والنقص الحاصل في اعداد التأكسد فالعنصر المصحوب بزيادة في اعداد التأكسد يكون انودا والمصحوب بالنقص في اعداد التأكسد يكون كاثودا

مثال ٥ أكتب تفاعلات نصفي خلية دانيال وتفاعلها العام واحسب جهد الخلية القياسي اذا علمت أن جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34\ V \quad , \quad E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76\ V$

الحل اقطاب خلية دانيال حفظ والتي هي (الخارصين انود) و (النحاس كاثود)



$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.76\ V$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu \qquad E^\circ_{cathode} = +0.34\ V$



التفاعل العام $Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

$E_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = (+0.76) + (+0.34) \Rightarrow E^\circ_{cell} = +1.10\ V$

في المثال السابق بما ان الاشارة (+) اذا تفاعل الخلية تلقائي .

اخترنا النحاس Cu كاثود لان جهد اختزاله كبير والخارصين انود لان جهد اختزاله صغير .

قمنا بقلب اشارة الخارصين Zn من − الى + وذلك لان

جهد التاكسد = جهد الاختزال بعكس الشارة

س٢٨ للخلية التالية $Al|Al^{+3}(1\ M)||Cd^{+2}(1\ M)|Cd$ إذا علمت ان جهد الخلية القياسي (1.26 V) وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E^\circ_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40\ V$

احسب جهد الاختزال القياسي للالمنيوم $E^\circ_{Al^{+3}/Al} = ?$

ج من خلال التعبير الكتابي للخلية ، الالمنيوم اكسدة ((انود)) والكادميوم اختزال ((كاثود)) .



$2Al \rightarrow 2Al^{+3} + 6e^- \qquad E^\circ_{anode} = -1.66V$



$3CO^{+2} + 6e^- \rightarrow 3CO \qquad E^\circ_{cathode} = -0.40V$



$2Al + 3CO^{+2} \rightarrow 2Al^{+2} + 3CO$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$1.26 = E^\circ_{anode} + -0.40 \Rightarrow +0.40 + 1.26 = E^\circ_{anode}$

$E^\circ_{anode} = +1.66\ V$ جهد التاكسد للالمنيوم

المطلوب في السؤال هو جهد الاختزال وليس التاكسد اذن جهد الاختزال = $E^\circ_{Al^{+3}/Al} = -1.66\ V$

لان

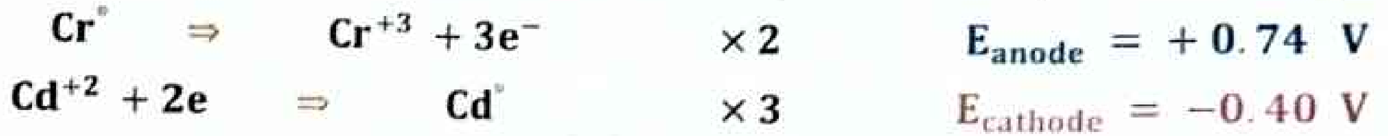
جهد التاكسد = جهد الاختزال بعكس الاشارة

• **تمرين** احسب جهد الخلية القياسي لخلية تم عملها من قطب الكادميوم Cd المغمور في محلول 1 M من نترات الكادميوم وقطب الكروم Cr المغمور في 1 M نترات الكروم اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40\ V$

$E^\circ_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$

الحل

بما ان الكروم اقل جهد اذآ سوف نختاره انود ((تأكسد)) ونقلب اشارته



$$Cr^\circ \Rightarrow Cr^{+3} + 3e^- \quad \times 2 \qquad E_{anode} = +0.74\ V$$

$$Cd^{+2} + 2e \Rightarrow Cd^\circ \quad \times 3 \qquad E_{cathode} = -0.40\ V$$



$$Cr^\circ + Cd^{+2} \Rightarrow Cr^{+3} + Cd^\circ$$

$$E_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.74) + (-0.40)$$

$$E^\circ_{cell} = +0.34\ V$$

تفاعل الخلية تلقائي



ملاحظات لمعرفة الانود و الكاثود :

١- إذا اعطى بالسؤال جهود اختزال (الصغير انود والكبير كاثود)

٢- إذا اعطى معادلة كيميائية فمن خلال المعادلة :

(المادة التي يزداد عدد تأكسدها "انود")

(المادة التي يقل عدد تأكسدها "كاثود")

٣- اذا اعطى تعبير كتابي يمكن ان نعرف الانود والكاثود من خلال المخطط التالي (كن)

| انود || كاثود | (اليمين كاثود واليسار انود)



أنواع الأقطاب

أنواع الاقطاب

اقطاب التأكسد والاختزال	القطب الغازي	قطب الفلز/ايون الفلز

كل خلية كلفانية تتكون من قطبين هما الانود والكاثود وعند تصميم خلية لابد ان نعرف فكرة عن الاقطاب المستخدمة .

1 – قطب الفلز/أيون الفلز: يتكون هذا النوع من غمر لوح من الفلز في محلول أيونات ذلك الفلز مثال على ذلك قطب الخارصين (Zn/Zn^{+2}) المغمور في محلول كبريتات الخارصين وتكون تفاعلاته بالصورة التالية:

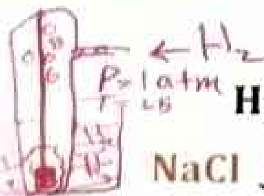


تاكسد $Zn \Rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ anode



اختزال $Zn^{+2} + 2e^- \Rightarrow Zn$ cathode

2 – القطب الغازي: ويتكون من ضخ غاز خلال انبوبة زجاجية بضغط معين داخل محلول يحتوي على أيونات ذلك الغاز ولكون الغاز غير قابل للتوصيل الكهربائي يستخدم عادة سلك من البلاتين (كعنصر خامل) مثبت في الانبوب الزجاجية يعمل كسطح موصل للتيار الكهربائي وأبسط مثال على ذلك ضخ غاز الهيدروجين بضغط 1 atm في محلول يحتوي على أيونات الهيدروجين كمحلول HCl





ويكون كقطب انود تاكسد $H_2 \Rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (anode)

أو ضخ غاز الكلور في محلول يحتوي على أيونات الكلور كمحلول HCl أو NaCl



ويكون كاثود اختزال $Cl_2 + 2e^- \Rightarrow 2Cl^-$ (cathode)

3 – أقطاب التأكسد والاختزال : تتكون عادة من سلك من البلاتين أو عمود من الكرافيت في محلول يحتوي على أيونات عنصرله حالتي تأكسد مختلفتين ومثال على ذلك



Fe^{+3} , Fe^{+2} و Zn^{+4} , Zn^{+2}



$Fe^{+2} \Rightarrow Fe^{+3} + e^-$

التعبير عن الخلية الكلفانية كتابة

١- التعبير عن قطب فلز / أيون فلز



أ- اذا كان تفاعل اختزال (كاثود) $Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$

القاعدة ← رمز ايون الفلز تركيزه | رمز الفلز

التعبير او التطبيق ←



Zn^{+2} (1 M) | Zn

ب- اذا كان تفاعل اكسدة (أنود)



$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{aq} + 2e^-$

القاعدة ← رمز الفلز | رمز ايون الفلز تركيزه

التعبير ←



Zn | Zn^{+2} (1 M)

* دائماً على اليمين (كاثود) واليسار (انود)

٢- التعبير عن القطب الغازي

أ- اذا كان تفاعل اختزال (كاثود)



$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

القاعدة ← رمز ايون الغاز (تركيزه) | رمز الغاز (1 atm)|pt

التعبير ←



H^+ (1 M) | H_2 (1 atm) 1pt

ب- اذا كان تفاعل اكسدة (أنود)



$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

القاعدة ← pt | رمز الغاز (1 atm)| رمز ايون الغاز (تركيزه)

التعبير ←



pt | H_2 (1 atm) | H^+ (1 M)



٣- التعبير عن اقطاب التأكسد والاختزال

أ- تفاعل التأكسد (الانود) $Fe^{+2}_{(aq)} \rightarrow Fe^{+3}_{(Qq)} + e^-$

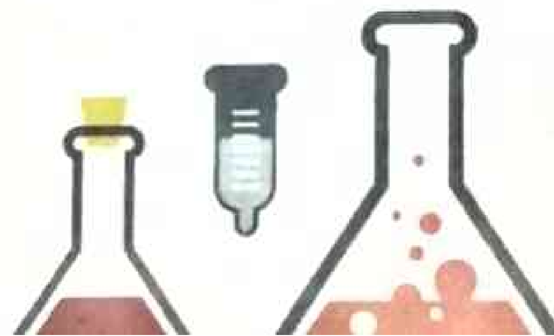
القاعدة ← pt| الرمز الاول (تركيزه) ; الرمز الثاني (تركيزه)

التعبير ← pt | Fe^{+2} (1 M) ; Fe^{+3} (1 M)

ملاحظة:

ان الخط |
هو حد فاصل بين طورين أي بين الفلز والغاز وأيوناته.
لاحظ أن النوع الثالث لم يوضع |
بل وضع ; لان كلاهما من نفس الطور.
يمثل || الخطان العموديان في الوسط " الجسر الملحي "



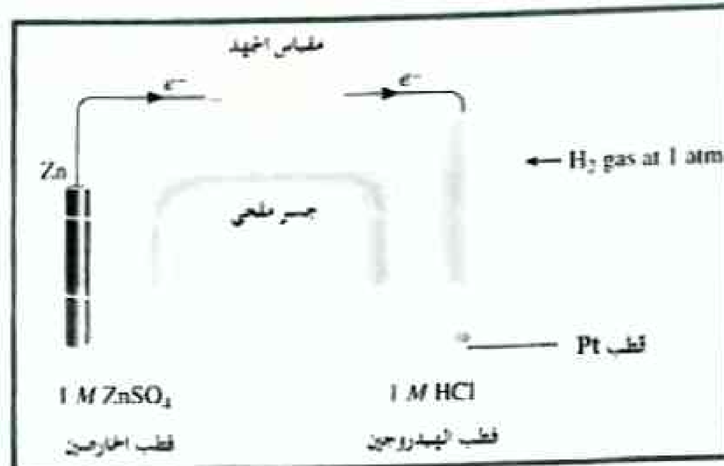




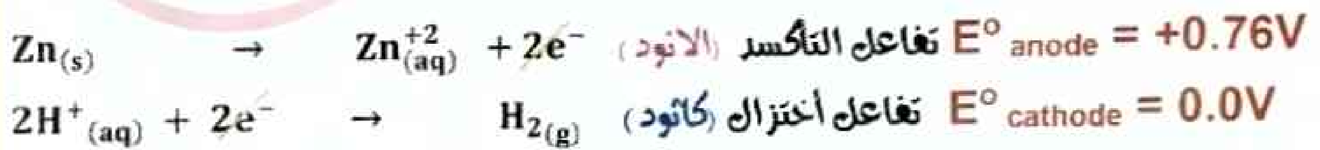

ملازم ووزاريات
المتميز
@m1sades

مثال ٦ عبر عن الخلية الموضحة في الرسم كتابة ثم أكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام .

$E^{o}_{Zn^{+2}/Zn}$ = - 0.76V



الحل



$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ (الانود) تفاعل التأكسد $E^o_{anode} = +0.76V$

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ (كاثود) تفاعل أختزال $E^o_{cathode} = 0.0V$



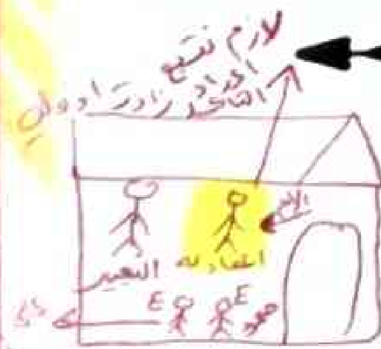
$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$

E^o cell = E^o anode + E^o cathode
= 0.76 + 0
= 0.76V

التعبير العام للخلية

$Zn \mid Zn^{+2}\ (1\ M)\ \|\ H^+(1M) \mid H_2\ (1\ atm) \mid pt$









هل يمكن؟

١- اذا ذكر هل يمكن ان يجري التفاعل تلقائياً أم لا ؟

نقوم باستخراج E°_{cell} حيث إذا كانت

E°_{cell} → تلقائي +
E°_{cell} → غير تلقائي −

س13 هل يجري تفاعل الخلية المعبر عنه أدناه تلقائيا أم لا علما ان جهود الاختزال القياسية

جهود

$E^\circ_{Br_2/Br^-} = +1.07\ V$

$E^\circ_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$

شلون نحدد منو انود او كاثود نعوض على المعبر


$pt\,|Fe^{+2}\,(1\,M)\,;\,Fe^{+3}(1M)||Br^-(1M)|Br_2(1\,atm)|pt$

الحل

من خلال التعبير الكتابي

الحديد Fe الانود (اكسدة)

والبروم Br هو الكاثود (الاختزال)


اكسدة $2\,Fe^{+2} \rightarrow 2Fe^{+3} + 2e^-$

$E^\circ_{anode} = -0.77\ V$


اختزال $Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$

$E^\circ_{cathode} = +1.07\ V$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = -0.77 + 1.07$

$E^\circ_{cell} = +0.30\ V$

الاشارة موجبة اذن يمكن ان يجري التفاعل تلقائياً .

تمرين ٦ هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال المثلة بالمعادلات التالية تحت الظروف القياسية بشكل تلقائي اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية .



1) $Ni + Co^{+2} \rightarrow Ni^{+2} + Co$

$E^{\circ}_{Co^{+2}/Co} = -0.28\ V \quad , \quad E^{\circ}_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25\ V$

الحل من المعادلة ان النيكل Ni هو الانود لانه يتاكسد والكوبلت هو الكاثود لانه يختزل اذن



$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.25\ V$



$Co^{+2} + 2e^- \rightarrow Co^{\circ} \qquad E^{\circ}_{cathode} = -0.28\ V$

الام معادلة



$Ni^{\circ} + Co^{+2} \rightarrow Ni^{+2} + Co^{\circ}$ التفاعل العام

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (+0.25) + (-0.28) \rightarrow E^{\circ}_{cell} = -0.03\ V$$

التفاعل غير تلقائي (لا يحدث) لان الاشارة سالبة



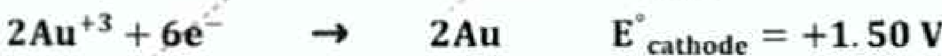
2) $3Fe + 2Au^{+3} \rightarrow 3Fe^{+2} + 2Au$

$E^{\circ}_{Fe^{+2}/Fe} = -0.44\ V \quad , \quad E^{\circ}_{Au^{+3}/Au} = +1.50\ V$

الحل ان الحديد هو الانود لانه يعاني تأكسد والذهب هو الكاثود لانه يعاني اختزال



$3Fe \rightarrow 3Fe^{+2} + 6e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.44\ V$



$2Au^{+3} + 6e^- \rightarrow 2Au \qquad E^{\circ}_{cathode} = +1.50\ V$



$3Fe + 2Au^{+3} \rightarrow 3Fe^{+2} + 2Au$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (+0.44) + (+1.50) \rightarrow E^{\circ}_{cell} = +1.94\ V$$

التفاعل تلقائي (يحدث) لان الاشارة موجبة

ملاحظة

في هذا التمرين اعتمدنا على المعادلة في تحديد الانود والكاثود .

2- اذا ذكر في السؤال هل يمكن حفظ مادة في اناء

هنا يجب ان نستخرج E_{cell}

حيث إذا كانت سالبة يمكن الحفظ اما إذا كانت موجبة لا يمكن الحفظ وعندها يكون الاناء هو الانود والمادة المراد حفظها هي الكاثود .



س16 هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في اناء من النحاس؟ علما ان جهود الاختزال القياسية

NaCl ، اناء Cu انود

$E^{\circ}_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34\ V$ (جهد — تقلب اشارته) $E^{\circ}_{Na^{+}/Na} = -2.70\ V$

الحل

الاناء هو الانود اي ان Cu النحاس هو الانود وتقلب اشارته

والصوديوم Na هو الكاثود وتبقى اشارته كما هي

نكتب معادلات نصفي التفاعل:



$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$ $E^{\circ}_{anode} = -0.34\ V$



$Na^{+} + e^{-} \rightarrow Na$ $E^{\circ}_{cathode} = -2.70\ V$



$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$ $E^{\circ}_{anode} = -0.34\ V$



$2Na^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2Na$ $E^{\circ}_{cathode} = -2.70\ V$

$Cu + 2Na^{+} \rightarrow Cu^{+2} + 2Na$

* اذا ذكر في السؤال هل يمكن حفظ مادة (محلول) في اناء هنا يكون الاناء هو الانود (نقلب اشارته ونكتب له معادلة تأكسد)
* اما المادة المراد حفظها هي الكاثود ونكتب لها معادلة اختزال ثم نستخرج Ecell

$E_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

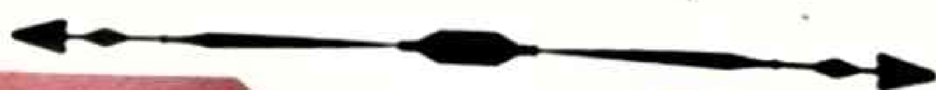
$E_{cell} = -0.34 + (-2.70)$

$E_{cell} = -3.04\ V$

Ecell: + تلقائي – لا يمكن الحفظ – تفاعل ؛ – غير تلقائي – يمكن الحفظ – لا تفاعل

اشارة E°_{cell} سالبة

اذن التفاعل غير تلقائي اي لا يحدث تفاعل فيمكن الحفظ



س17 هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من النيكل أم لا يمكن ذلك؟ بين ذلك مع ذكر السبب؟ علماً أن جهود الاختزال القياسية

$E_{Ni^{+2}/Ni} = -0.24\ V$

$E_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34\ V$

الحل

بما ان الاناء هو من النيكل اذن النيكل هو الانود (اكسدة)

نقلب اشارته والمادة المراد حفظها كبريتات النحاس كاثود ((اختزال))

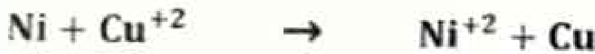
النيكل هو الانود ((نقلب الاشارة))



$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^-$ $\qquad E^\circ_{anode} = +0.24\ V$



$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ $\qquad E^\circ_{cathode} = +0.34\ V$



$Ni + Cu^{+2} \rightarrow Ni^{+2} + Cu$

$E_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E_{cell} = +0.24 + 0.34$

$E_{cell} = +0.58$

بما ان اشارة E°_{cell} موجبة

اذن التفاعل تلقائي اذن سوف يحدث تفاعل وبالتالي لا يمكن الحفظ

لأن شرط الحفظ هو عدم حصول تفاعل تلقائي بينهما .







-3 اذا ذكر في السؤال هل يمكن اذابة فلز بواسطة محلول

نقوم باستخراج E_{cell}

اذا كانت الإشارة موجبة (+) يمكن الاذابة.

اما اذا كانت الإشارة سالبة (−) لا يمكن الاذابة



E°_{cell} → + تلقائي ← يحدث تفاعل ← يمكن الاذابة

E°_{cell} → - غير تلقائي ← لا يحدث تفاعل ← لا يمكن



تمرين 8

هل بأمكان محلول HCl اذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي على أيونات الفضة Ag^+ بتركيز (1 M) للخلية التالية

$Ag|Ag^+(1\ M)||H^+(1\ M)|H_2(1\ atm)|pt$

علما أن جهد الاختزال القياسي للفضة $E^{\circ}_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$

الحل

من خلال التعبير الكتابي الفضة هي انود أي تعاني اكسدة.

والهيدروجين هو الكاثود الذي يعاني اختزال.

بما ان جهد الاختزال القياسي للهيدروجين حفظ $E^{\circ}_{H^+/H_2} = 0.0$ نكتب معادلة نصفي التفاعل:



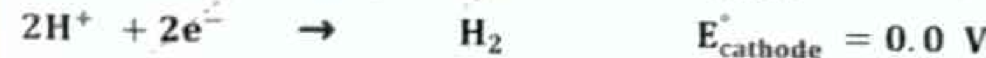
$Ag \rightarrow Ag^+ + e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = -0.80\ V$



$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^{\circ}_{cathode} = 0.0\ V$



$2Ag \rightarrow 2Ag^+ + 2e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = -0.80\ V$



$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^{\circ}_{cathode} = 0.0\ V$



$2Ag + 2H^+ \rightarrow 2Ag^+ + H_2$

$E_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E_{cell} = -0.80 + 0.0$

$E_{cell} = -0.80\ V$

بما انه الاشارة سالبة اذن التفاعل غير تلقائي

وبذلك لا يحدث تفاعل اذن لا يذيب الفلز

-4 اذا ذكر في السؤال هل يتحرر الهيدروجين ام لا

هنا يعني ان الهيدروجين كاثود ((اختزال)) ونقوم باستخراج E°_{cell}

اذا كانت + يمكن تحرر الهيدروجين

اما اذا كانت سالبة − لا يمكن ان يتحرر الهيدروجين

معادلة اختزال الهيدروجين (حفظ)



$$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$$



س12 بين أيهما يحرر الهيدروجين الالمنيوم أم الذهب عند تفاعلهما مع الحوامض المخففة اذا علمت أن جهود الاختزال القياسية

$E^{\circ}_{Al^{+3}/Al} = -1.66\ V$

$E^{\circ}_{Au^{+3}/Au} = +1.50\ V$

الهيدروجين جهده صفر

الحل

بما انه ذكر هل يتحرر غاز الهيدروجين

يعني ان غاز الهيدروجين ((كاثود)) اختزال، والمادة الاخرى أنود ((اكسدة))

حيث سناخذ الهيدروجين مرة مع الالمنيوم ومرة مع الذهب (كلا على حدى)

الهيدروجين مع الالمنيوم



$2 \times [2Al \rightarrow 2Al^{+3} + 6e^{-}]$ $\quad E^{\circ}_{anode} = +1.66\ V$



$3 \times [2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2]$ $\quad E^{\circ}_{cathode} = 0.0\ V \leftarrow$ ثابت

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = +1.66 + 0.0 \rightarrow E^{\circ}_{cell} = +1.66\ V$

الاشارة موجبة اذاً التفاعل تلقائي اذن الالمنيوم يحرر الهيدروجين

الهيدروجين مع الذهب

$2 \times [2Au \rightarrow 2Au^{+3} + 6e^{-}]$ $\quad E^{\circ}_{Au^{+3}/Au} = -1.50\ V$

$3 \times [6H^{+} + 6e^{-} \rightarrow 3H_2]$ $\quad E^{\circ}_{H^{+}/H_2} = 0.0\ V$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = -1.50 + 0.0$

$E^{\circ}_{cell} = -1.50\ V$

الذهب لا يحرر الهيدروجين

الاشارة سالبة لا يحرر



الخلاصة

هل يمكن؟؟؟

هل التفاعل تلقائي ام لا	لمعرفة التفاعل تلقائي ام لا يجب ان نستخرج جهد الخلية E°_{cell} اذا كانت الإشارة موجبة اذا التفاعل تلقائي اما اذا كانت الإشارة سالبة التفاعل غير تلقائي
هل يمكن حفظ مادة في اناء	اذا طلب هل يمكن حفظ مادة في اناء ام لاهنا يجب ان نستخرج جهد الخلية E°_{cell} اذا كانت الإشارة موجبة اذا التفاعل تلقائي اذا لايمكن الحفظ اما اذا كانت الإشارة سالبة التفاعل غير تلقائي ويمكن الحفظ (نذكر ان الاناء هو الانود ونقلب اشارته)
هل يمكن اذابة فلز بواسطة مادة	اذا طلب هل يمكن إذابة فلز بواسطة مادة هنا يجب ان نستخرج جهد الخلية E°_{cell} اذا كانت الإشارة موجبة اذا التفاعل تلقائي اذا يمكن الاذابة اما اذا كانت الإشارة سالبة التفاعل غير تلقائي حيث لا يمكن الاذابة
هل يمكن ان يتحرر غاز الهيدروجين	اذا طلب هل يمكن ان يتحرر الهيدروجين ام لا هنا يجب ان نستخرج جهد الخلية E°_{cell} اذا كانت الإشارة موجبة اذا التفاعل تلقائي اذا يتحرر الهيدروجين اما اذا كانت الإشارة سالبة التفاعل غير تلقائي ولا يتحرر الهيدروجين والهيدروجين كانود (اختزال) .

-5- اذا ذكر في السؤال ايهما افضل عامل مؤكسد

هنا الاكبر جهد الاختزال هو الافضل عامل مؤكسد والعكس صحيح

س3) اي المواد في الازواج التالية هو الافضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

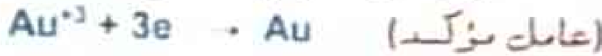
أ) 
Au^{+3} ام Br_2

$E^{\circ}_{Au^{+3}/Au} = +1.50\ V$

$E^{\circ}_{Br_2/Br^-} = +1.07\ V$

الحل

الذهب Au^{+3} هو الافضل عامل مؤكسد لان له اكبر جهد اختزال


$Au^{+3} + 3e \rightarrow Au$ (عامل مؤكسد)

ب) 
Ag^{+} ام H_2

$E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} = +0.80\ V$

$E^{\circ}_{H^{+}/H_2} = 0.0\ V$

الحل

بما الهيدروجين جهد اختزال

اذن الفضة Ag^{+} هو الاقوى عامل مؤكسد لانه لديه اكبر جهد اختزال


$Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$ (عامل مؤكسد)

جـ) 
Cr^{+3} ام Cd^{+2}

$E^{\circ}_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$

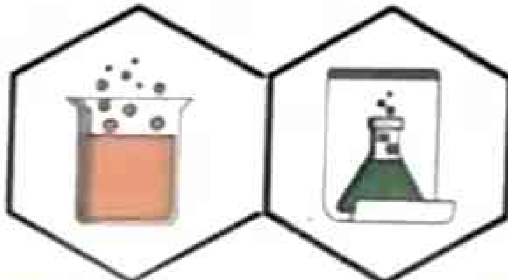
$E^{\circ}_{cd^{+3}/Cd^{+2}} = -0.40\ V$

الحل

الكادميوم Cd^{+2} له اكبر جهد اختزال اذا هو الافضل عامل مؤكسد


$Cd^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cd$ (عامل مؤكسد)







العلاقة بين جهد الخلية E°_{cell} وطاقة كبس الحرة ΔG° وثابت الاتزان K_{eq} :

الشحنة الكلية × جهد الخلية = الطاقة الكهربائية

J = V × C

لنا فوحدة الجول = حاصل ضرب وحدة الفولت × الكولوم

J = V × C







س2 احسب ثابت فرداي وبين وحداته

$$F = e^{-} \times N_A$$

عدد افوكادرو × شحنة الالكترون = فرداي

الحل

$$F = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.023 \times 10^{+23}$$

$$F = 96478 \approx 96500 \quad C/mol.e^{-}$$

الطاقة الكهربائية عكس اشارة ΔG

الطاقة الكهربائية $= n F E^{\circ}_{cell}$



$$\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}_{cell} \quad \text{—1}$$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ \ln \ K_{eq} \quad \text{—2}$$

بقسمة الطرفين على $-n F$

$$-RT \ \ln \ K_{eq} = -n F$$

$$\frac{-RT \ln K_{eq}}{-n F} = \frac{-n F E^{\circ}_{cell}}{-n F}$$

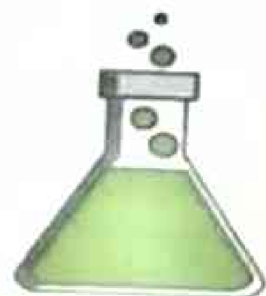
$$E^{\circ}_{cell} = \frac{RT}{nF} Ln\, K_{eq}$$

8.314 ← R ، T → 298 ، F → 96500 ، n ← عدد الالكترونات التي تفقدها او تكتسبها المادة

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{8.314 \times 298}{n \times 96500} Ln\, K_{eq}$$

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$$

حفظ







س/ اكتب العلاقة التي تربط بين ΔG مع K_{eq} و E_{cell} وعرف جميع الرموز التي تحتويها

الحل

$E^\circ cell = \frac{RT}{nF} \ln(K_{eq})$

E° cell — K_{eq}

$\Delta G^\circ = -nFE^\circ cell$

$\Delta G^\circ = -RT \ln(K_{eq})$

ΔG°



n	عدد الالكترونات في المعادلة
F	ثابت فرداي وقيمته 96500
R	الثابت العام للغازات 8.314
T	درجة الحرارة بالكلفن 298
K_{eq}	ثابت الاتزان
E°_{cell}	جهد الخلية القياسي
ΔG°	طاقة كبس الحرة القياسية





س37 احسب ثابت الاتزان للتفاعل التالي $Sn + Pb^{+2} \rightarrow Sn^{+2} + Pb$ علما ان جهود الاختزال القياسية


$E^{\circ}_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13\ V$


$E^{\circ}_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$

الحل

$Sn \rightarrow Sn^{+2} + 2e^-$ $\quad E^{\circ}_{anode} = +0.14\ V$

$Pb^{+2} + 2e^- \rightarrow Pb$ $\quad E^{\circ}_{cathode} = -0.13\ V$



$Sn + Pb^{+2} \rightarrow Sn^{+2} + Pb$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = 0.14 + -0.13$

$E^{\circ}_{cell} = 0.01\ V$

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln Keq$$

$$0.01 = \frac{0.026}{2} \ln Keq$$

$$0.01 = 0.013 \ln Keq$$

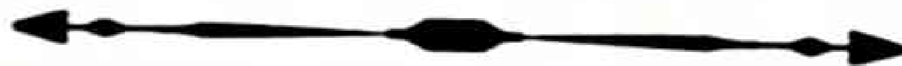
$$\ln Keq = \frac{0.01}{0.013}$$

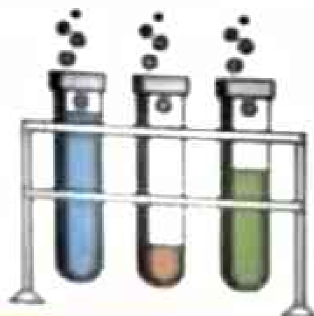
$\ln Keq = 0.77$

$\ln Keq = \ln 2.16$

$Keq = 2.16$

معلومة
$\ln 2.16 = 0.77$









تمرين ١٠ لتفاعل الخلية القياسي التالي عند درجة 25 C: $2Fe^{+3} + 2I^- \rightarrow 2Fe^{+2} + I_2$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$ ، $E^\circ_{I_2/I^-} = +0.53\ V$ احسب

أ- جهد الخلية القياسية E°_{cell}

ب- طاقة كبس الحرة القياسية ΔG°

جـ- ثابت الاتزان K_{eq}

$\ln 1 \times 10^{+8} = 18.46$

الحل

أ) نستخرج جهد الخلية القياسي E°_{cell}



$$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = -0.53\ V$$
$$2Fe^{+3} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{+2} \qquad E^\circ_{cathode} = +0.77\ V$$



$$3Fe^{+2} + 2I^- \rightarrow 2Fe^{+2} + I_2$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$
$$E^\circ_{cell} = -0.53 + 0.77$$
$$E^\circ_{cell} = +0.24\ V$$

ب) نستخرج طاقة كبس الحرة القياسية ΔG°

$$\Delta G^\circ = -n\,F\,E^\circ_{cell}$$
$$\Delta G^\circ = -2 \times 96500 \times 0.24$$
$$\Delta G^\circ = -46320\ \frac{J}{mol}$$

ان وحده ΔG في الفصل الثاني والفصل الرابع J/mol اما في الاول KJ/mol

جـ) نستخرج ثابت الاتزان K_{eq} من العلاقة

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$$
$$0.24 = \frac{0.026}{2} \ln K_{eq}$$
$$\ln K_{eq} = 18.46$$
$$\ln K_{eq} = \ln 1 \times 10^{+8}$$
$$K_{eq} = 1 \times 10^{+8}$$

معلومة

$\ln 1 \times 10^{+8} = 18.46$

ملاحظة: اذا اعطى بالسؤال جهود اختزال نقوم مباشرة باستخراج جهد الخلية E°_{cell} بغض النظر عن مطاليب السؤال

مثال ٧ خلية كلفانية تفاعلها العام كالاتي $2Ag^+ + Pb \rightarrow 2Ag + Pb^{+2}$ احسب قيمة ΔG° وثابت الاتزان K_{eq} عند درجة حرارة $25C^\circ$ علما ان جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13\ V \quad , \quad E^\circ_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$

الحل

نقوم بأستخراج ΔG° من القانون E°_{cell}

$$\Delta G^\circ = -n\,F$$

لكن E_{cell} لا تتوفر اذا يجب ان نستخرجها

نكتب تفاعل نصفي الخلية الاكسدة والاختزال



$Pb \rightarrow Pb^{+2} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.13\ V$ اكسدة



$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag \qquad E^\circ_{cathode} = +0.80\ V$ اختزال

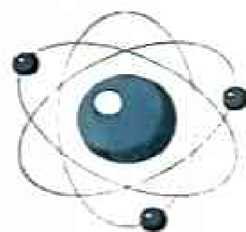


التفاعل العام $2Ag^+ + Pb \rightarrow 2Ag + Pb^{+2}$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = +0.13 + +0.80$$

$$E^\circ_{cell} = +0.93\ V$$



اصبح القانون جاهز

$$\Delta G^\circ = -n\,F\,E^\circ_{cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0.93$$

$$\Delta G^\circ = -179490\ J/mol$$

نستخرج K_{eq} من القانون

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$$

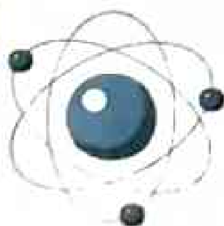
$$0.93 = \frac{0.026}{2} \ln K_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{2 \times 0.93}{0.026}$$

$$\ln K_{eq} = 71.53$$

$$\ln K_{eq} = \ln 2.5 \times 10^{+31}$$

$$\therefore K_{eq} = 2.5 \times 10^{+31}$$



معلومة

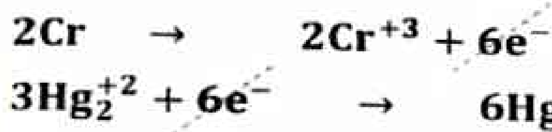
$\ln 2.5 \cdot 10^{31} = 71.53$

تمرين

احسب التغير في طاقة كبس الحرة القياسية ΔG لتفاعل الخلية القياسي التالي عند 25C $3Hg_2^{+2} + 2Cr \rightarrow 6Hg + 2Cr^{+3}$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$ $\quad$ $E^\circ_{Hg_2^{+2}/Hg} = +0.85\ V$

الحل



$$2Cr \rightarrow 2Cr^{+3} + 6e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.74\ V \qquad \text{اكسدة}$$

$$3Hg_2^{+2} + 6e^- \rightarrow 6Hg \qquad E^\circ_{cathode} = +0.85\ V \qquad \text{اختزال}$$



$$3Hg_2^{+2} + 2Cr \rightarrow 6Hg + 2Cr^{+3} \qquad \text{التفاعل العام}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

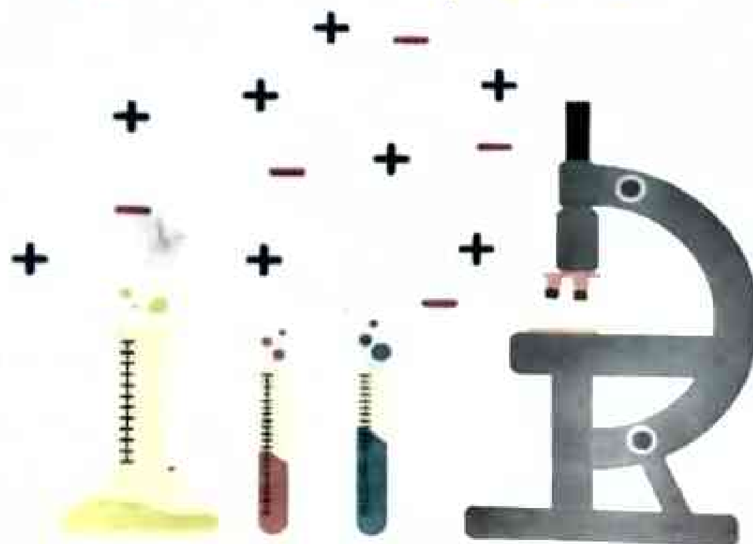
$$E^\circ_{cell} = 0.74 + 0.85 = 1.59\ V$$

نستخرج ΔG°

$$\Delta G^\circ = -n\ F\ E^\circ_{cell}$$

$$\Delta G^\circ = -6 \times 96500 \times 1.59$$

$$\Delta G = -920610\ \ J/mol$$



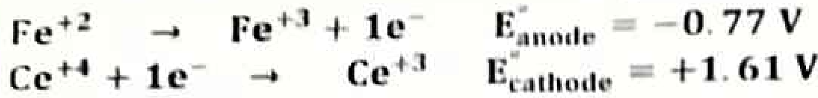
س٥ عند الظروف القياسية (25°C وضغط 1 atm اي تفاعل سيجري تلقائيا في محلول مائي يحتوي على ايونات Ce^{+4} و Ce^{+3} و Fe^{+2} و Fe^{+3} ؟ احسب ΔG و K_{eq} لهذا التفاعل اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Ce^{+4}/Ce^{+3}} = +1.61\ V$

$E^\circ_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$

الحل

اولا نقوم باستخراج E°_{cell}



$Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + 1e^- \qquad E^\circ_{anode} = -0.77\ V$

$Ce^{+4} + 1e^- \rightarrow Ce^{+3} \qquad E^\circ_{cathode} = +1.61\ V$



$Fe^{+2} + Ce^{+4} \rightarrow Fe^{+3} + Ce^{+3}$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = -0.77 + 1.61$

$E^\circ_{cell} = +0.84\ V$ تلقائي

$\Delta G^\circ = -n\,F\,E^\circ_{cell}$ تطبق قانون

$\Delta G^\circ = -1 \times 96500 \times 0.84 \rightarrow \Delta G^\circ = -81060\ J/mol$

$E^\circ_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq} \rightarrow 0.84 = \frac{0.026}{1} \ln K_{eq}$

$\ln K_{eq} = \frac{0.84}{0.026} \rightarrow \ln K_{eq} = 32.3$

$\ln K_{eq} = \ln 1.1 \times 10^{+14}$

$K_{eq} = 1.1 \times 10^{+14}$

معلومة

$\ln 1.1 \times 10^{+14} = 32.3$

ملاحظة

في بعض الاحيان لا يعطي Ln

وانما يعطي Log

حيث نعامله بالصورة التالية :

Ln X = Log X × 2.3

فمثلا لو اردنا Ln 10=?

Ln 10=Log 10 × 2.3

Ln 10=1 × 2.3

Ln 10= 2.3

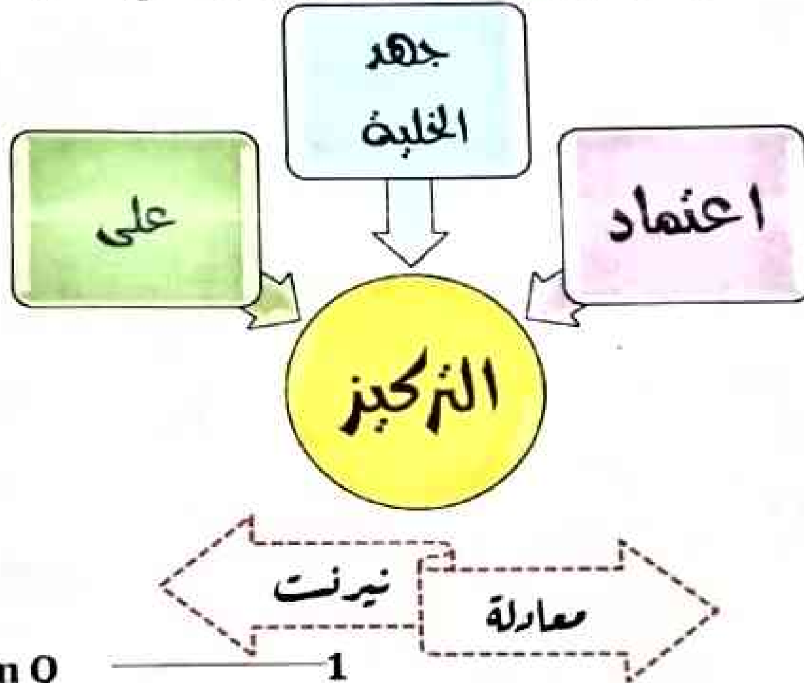
ΔG° { - تلقائي + ، + غير تلقائي - }

معادلة نيرنست

اعتماد جهد الخلية على التركيز

- أهمية معادلة نيرنست تمكننا من حساب E_{cell} كدالة لتركيز المواد المتفاعلة والناتجة في تفاعل الخلية.

* ان تراكيز المواد الصلبة والسائلة في التفاعل العام للخلية تساوي الواحد الصحيح لذا لا تظهر في حاصل القسمة وكذلك فعالية كل من H_2 و Cl_2 أي التراكيز تؤخذ في حاصل القسمة للأيونات فقط.



معادلة نيرنست

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q \quad \text{—— 1}$$

$$\Delta G = -n F E_{cell} \quad \text{—— 2}$$

$$\Delta G^\circ = -n F E^\circ_{cell} \quad \text{—— 3}$$

بتعويض معادلات ٢ و ٣ بمعادلة رقم ١

$$\frac{-n F E_{cell}}{-n F} = \frac{-n F E^\circ_{cell}}{-n F} + \frac{RT \ln Q}{-n F}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{RT}{n F} \ln Q$$

وبتعويض الثوابت $R = 8.341$ و $T = 298$ و $F = 96500$

يصبح القانون : $E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{8.314 \times 298}{n\, 96500} \ln Q$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln Q$$

س6) اكتب معادلة نيرنست وعرف جميع الرموز التي تحتويها

الحل

معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln Q$$

عند درجة حرارة 25°C تصبح معادلة نيرنست

E_{cell} → جهد الخلية الغير قياسي

E°_{cell} → جهد الخلية القياسي

n → عدد الالكترونات في المعادلة

Q هو حاصل القسمة $\frac{\text{الأكسدة}}{\text{الاختزال}}$ وليس K_{eq} **انتبه**!

R → ثابت الغازات = 8.314 , F → ثابت فرادي = 96500

T → درجة الحرارة بوحدة K



متى نستخدم معادلة نيرنست في الحالات التالية:

1- اذا اعطى او طلب E_{cell} غير القياسي .

2- اذا اعطى او طلب ΔG غير القياسية

3- اذا اعطى او طلب تركيز

4- اذا اعطى او طلب PH

5- عندما نجد في السؤال E°_{cell} و E_{cell} معاً

ملاحظة مهمة جدا

حفظ

$\text{Ln } 10 = 2.3$

$\text{Ln } 100 \Rightarrow \text{Ln } 10^{+2} \Rightarrow +2 \times \text{Ln } 10 \Rightarrow +2 \times 2.3 = 4.6$

$\text{Ln } 1000 \Rightarrow \text{Ln } 10^{+3} \Rightarrow +3 \times \text{Ln } 10 \Rightarrow +3 \times 2.3 = 6.9$

$\text{Ln } 10000 \Rightarrow \text{Ln } 10^{+4} \Rightarrow +4 \times \text{Ln } 10 \Rightarrow +4 \times 2.3 = 9.2$

س20 لماذا يجب ان يكون جهد الخلية موجباً؟

الحل لان الخلية الكلفانية تعمل بشكل تلقائي أي ان $\Delta G = -$ ولكي تكون $\Delta G = -$ يجب ان يكون جهد الخلية موجب $E_{cell} = +$ لان الإشارة بالعكس حسب العلاقة:

$\Delta G = -n F E_{cell}$

مثال 8: احسب جهد الخلية E_{cell} عند درجة $25C^\circ$ للخلية التي تفاعلها العام



$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)}$ اذا علمت ان تراكيز الايونات

$[Cu^{+2}] = 0.01$ $[Ag^+] = 0.01\ M$ وجهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$, $E^\circ_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34\ V$

الحل

المطلوب في السؤال هو جهد الخلية غير القياسي E_{cell}

حيث يمكن استخراجه من علاقة نيرنست

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Cu^{+2}]}{[Ag^+]^2}$$

كل شيء متوفر عدا جهد الخلية القياسي E°_{cell} اذا نقوم باستخراجه

نكتب تفاعلات نصفي الخلية ، من المعادلة النحاس Cu انود حيث نقلب اشارته



$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = -0.34\ V$



$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag \qquad E^\circ_{cathode} = +0.80\ V$

التفاعل العام



$2Ag^+ + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{+2}$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = -0.34 + +0.80$$

$$E^\circ_{cell} = 0.46\ V$$

اصبح القانون جاهز اذا نستخرج E_{cell}

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Cu^{+2}]}{[Ag^+]^2}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[0.01]}{[0.01]^2}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{2} \ln \frac{(0.01)}{(0.0001)}$$

معلومة $\ln 100 = 4.6$

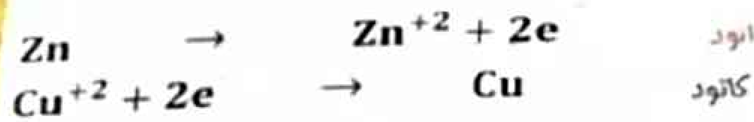
$E_{cell} = 0.46 - 0.013 \ln 100 \rightarrow E_{cell} = 0.46 - (0.013 \times 4.6)$

$$E_{cell} = 0.40\ V$$

* فقط الايونات التي تمتلك تمثيله هي التي تمتلك تركيز اما العناصر الصلبة فانا تركيزها يساوي (1)

س22 احسب جهد خلية دانيال اذا علمت ان تركيز كبريتات الخارصين (0.1M) وتركيز كبريتات النحاس (0.01M) في درجة 25C وان الجهد القياسي للخلية يساوي (1.10 V)

الحل



$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e$ انود

$Cu^{+2} + 2e \rightarrow Cu$ كاثود



$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

(0.01M) (0.1M)

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 1.1 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{cell} = 1.1 - 0.013 \ln 10$$

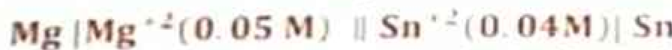
$$E_{cell} = 1.1 - (0.013 \times 2.3)$$

$$E_{cell} = 1.1 - 0.0299$$

$$E_{cell} = 1.07 V$$



تمرين ١٢ احسب E_{cell} و E°_{cell} و ΔG للخلية التالية



$Mg | Mg^{+2}(0.05 M) \| Sn^{+2}(0.04M) | Sn$

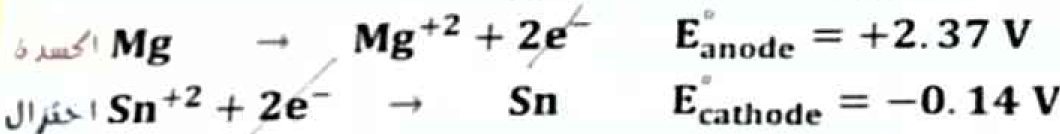
اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية:

$E^{\circ}_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14 V$, $E^{\circ}_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37 V$

الحل

تقلب تفاعلات نصفي الخلية (من خلال جهود الاختزال المغنيسوم هو الانود "الاكسدة")

اي نقوم بقلب اشارته من - الى +



اكسدة $Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-}$ $E^{\circ}_{anode} = +2.37 V$

اختزال $Sn^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Sn$ $E^{\circ}_{cathode} = -0.14 V$



المعادلة العامة $Mg + Sn^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Sn$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode} \rightarrow E^{\circ}_{cell} = +2.37 + (-0.14) \rightarrow E^{\circ}_{cell} = +2.23 V$

نستخرج E_{cell} من معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Mg^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 2.23 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[0.05]}{[0.04]}$$

$$E_{cell} = 2.23 - 0.013 \ln 1.25$$

$$E_{cell} = 2.23 - 0.013 \times 0.223$$

$$E_{cell} = 2.23 - 0.0028$$

$$E_{cell} = 2.227 V$$

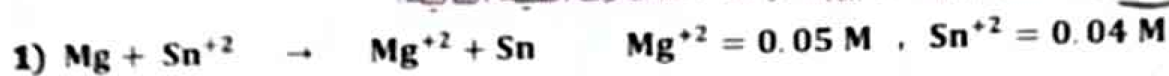
معلومة

$\ln 1.25 = 0.223$

نستخرج ΔG من العلاقة التالية:

$\Delta G = -n F E_{cell} \rightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 2.227 \rightarrow \Delta G = -429811 \ J/mol$

س7) احسب E°_{cell} و E_{cell} و ΔG لتفاعلات الخلية التالية:



1) $Mg + Sn^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Sn$ $Mg^{+2} = 0.05\ M$ ، $Sn^{+2} = 0.04\ M$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية: $E^\circ_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37\ V$ و $E^\circ_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$



2) $3Zn + 2Cr^{+3} \rightarrow 3Zn^{+2} + 2Cr$ $Cr^{+3} = 0.01\ M$ ، $Zn^{+2} = 0.001\ M$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية: $E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76\ V$ و $E^\circ_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$

الحل

1)



$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ $E^\circ_{anode} = +2.37\ V$

$Sn^{+2} + 2e^- \rightarrow Sn$ $E^\circ_{cathode} = -0.14\ V$



$Mg + Sn^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Sn$ التفاعل العام

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode} \rightarrow E^\circ_{cell} = +2.37 + (-0.14) \rightarrow E^\circ_{cell} = 2.23\ V$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Mg^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 2.23 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.05}{0.04}$$

$E_{cell} = 2.23 - (0.013 \times \ln 1.25) \rightarrow E_{cell} = 2.23 - (0.013 \times 0.223)$

$E_{cell} = 2.23 - 0.0028 \rightarrow E_{cell} = 2.227\ V$

$\Delta G = -nFE_{cell} \rightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 2.227 \rightarrow \Delta G = -429811\ J/mol$

معلومة

$\ln 1.25 = 0.223$

2)



$3Zn \rightarrow 3Zn^{+2} + 6e^-$ $E^\circ_{anode} = +0.76\ V$



$2Cr^{+3} + 6e^- \rightarrow 2Cr$ $E^\circ_{cathode} = -0.74\ V$



$3Zn + 2Cr^{+3} \rightarrow 3Zn^{+2} + 2Cr$

استفد

$\ln 10^{-5} = -11.5$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode} \rightarrow E^\circ_{cell} = 0.76 + -0.74 \rightarrow E^\circ_{cell} = 0.02\ V$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]^3}{[Cr^{+3}]^2}$$

$$E_{cell} = 0.02 - \frac{0.026}{6} \ln \frac{[0.001]^3}{[0.01]^2} \rightarrow E_{cell} = 0.02 - \left(0.0043 \times \ln \frac{[10^{-3}]^3}{[10^{-2}]^2}\right)$$

$$E_{cell} = 0.02 - \left(0.0043 \ln \frac{10^{-9}}{10^{-4}}\right) \rightarrow E_{cell} = 0.02 - (0.0043 \ln 10^{-5})$$

$E_{cell} = 0.02 - (0.0043 \times -11.5) \rightarrow E_{cell} = 0.02 + 0.049 \rightarrow E_{cell} = 0.07\ V$

$\Delta G = -n F E_{cell} \rightarrow \Delta G = -6 \times 96500 \times 0.07 \rightarrow \Delta G = -40530\ J/mol$

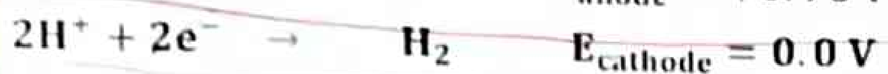
س8 احسب E_{cell} للخلية المكونة من نصفي تفاعل Zn/Zn^{+2} ، SHE كم سيكون جهد الخلية E_{cell} اذا كان $[Zn^{+2}] = 0.45\ M$ و $P_{H_2} = 1\ atm$ و $[H^+] = 1.8\ M$ اذا علمت ان جهد الاختزال القياسي $E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76\ V$

الحل

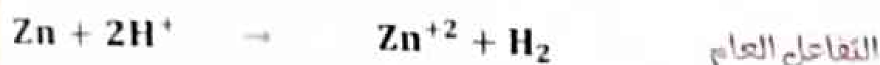
يقصد بقطب SHE يعني قطب الهيدروجين القياسي

نكتب تفاعلات نصفي الخلية


$$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^- \qquad E_{anode} = +0.76\ V$$


$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E_{cathode} = 0.0\ V$$

$(1.8)^2 = 3.24$


$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{+2} + H_2$$

التفاعل العام

نستخرج E°_{cell}

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = +0.76 + 0.0$$

$$E^\circ_{cell} = +0.76\ V$$

نستخرج جهد الخلية غير القياسي E_{cell} من علاقة نيرنست

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]}{[H^+]^2}$$

$$E_{cell} = 0.76 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{0.45}{[1.8]^2}$$

$$E_{cell} = 0.76 - 0.013 \ln \frac{0/45}{3/24}$$

$$E_{cell} = 0.76\ (-0.013\ \ln 0.138)$$

$$E_{cell} = 0.76(-0.013 \times -1.98)$$

$$E_{cell} = 0.76 + 0.026$$

$$E_{cell} = 0.786V \simeq 0.79\ V$$

معلومة

$\ln 0.138 = -1.98$





س14 احسب جهد قطب غاز H_2 في 25 C° وضغط 1atm اذا علمت ان PH = 1 لمحلوله الالكتروليتي



الحل: يمكن حساب معادلة نيرنست لقطب واحد و اذا اعطى جهد اختزال نعتبره كاثود

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^\circ_{cathode} = 0.0\ V$$

$$E_{H^+/H_2} = E^\circ_{H^+/H_2} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{1}{[H^+]^2}$$

$$E_{H^+/H_2} = E^\circ_{H^+/H_2} - \frac{0.026}{2} \ln \frac{1}{[0.1]^2}$$

$$E_{H^+/H_2} = 0.0 - 0.013 \ln \frac{1}{0.01}$$

$$E_{H^+/H_2} = 0.0 - 0.013 \ln 100$$

$$E_{H^+/H_2} = 0.0 - 0.013 \times 4.6$$

$$E_{H^+/H_2} = -0.0598\ V$$

معلومات

تركيز $H_2 = 1$

$PH = 1$

$\therefore [H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-1} M$

$\therefore [H^+] = 0.1\ M$

$\frac{1}{0.01} = 100$

$\ln 100 = 4.6$



س21 احسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين اذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي (0.82 V−) وجهد اختزاله القياسي $E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76\ V$

الحل: يمكن حساب معادلة نيرنست لقطب واحد وعندما يعطي جهد اختزال يمكن اعتبارة كاثود

كاثود $\quad Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn \qquad E^\circ_{cathode} = -0.76\ V$

$$E_{Zn^{+2}/Zn} = E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$E_{Zn^{+2}/Zn} = E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} - \frac{0.026}{2} \ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$-0.82 = -0.76 - 0.013 \ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$-0.82 + 0.76 = -0.013 \ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$-0.06 = -0.013 \ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$\ln \frac{1}{[Zn^{+2}]} = \frac{-0.06}{-0.013}$$

$$\ln \frac{1}{[Zn^{+2}]} = +4.6$$

$$\ln \frac{1}{[Zn^{+2}]} = \ln 100$$

$$[Zn^{+2}] = \frac{1}{100} = 0.01\ M$$

معلومة

$\ln 100 = 4.6$

ملاحظة

يمكن تطبيق معادلة نيرنست على نصف تفاعل خلية كما في المثالين السابقين عندها يكون على قطب الكاثود

س24 خلية كلفانية تفاعلها العام في 25 C

$Cu^{+2}(0.01M) + Cd \rightarrow Cu + Cd^{+2}(0.1\,M)$ وجهدها القياسي يساوي

$(+0.74\,V)$ احسب التغير في الطاقة الحرة ΔG

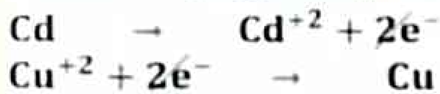
الحل:

يمكن حساب الطاقة الحرة غير القياسية ΔG من القانون

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

لكن جهد الخلية غير القياسي E_{cell} غير متوفر اذا يجب ان نستخرجه من علاقة نيرنست

نكتب تفاعلات نصف الخلية (Cd انود "اكسدة") و (Cu كاثود "اختزال")



$Cd \rightarrow Cd^{+2} + 2e^-$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$



$Cd + Cu^{+2} \quad Cd^{+2} + Cu \qquad E_{cell} = +$ [illegible] V (0.74)

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n}\ln\frac{[Cd^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 0.74 - \frac{0.026}{2}\ln\frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{cell} = 0.74 - 0.013\ \ln 10$$

$$E_{cell} = 0.74 - \boxed{0.013 \times 2.3}$$ حاصل الضرب

$$E_{cell} = 0.74 - 0.0299$$

$$E_{cell} = +0.7101\,V$$

(ملاحظات)
$\ln 10 = 2.3$
$\ln 100 = 4.6$
$\ln 1000 = 6.9$
$\ln 10000 = 9.2$

$\ln\frac{1}{10} = -2.3$
$\ln\frac{1}{100} = -4.6$
$\ln 0.001 = -6.9$
$\ln 10^{-4} = -9.2$

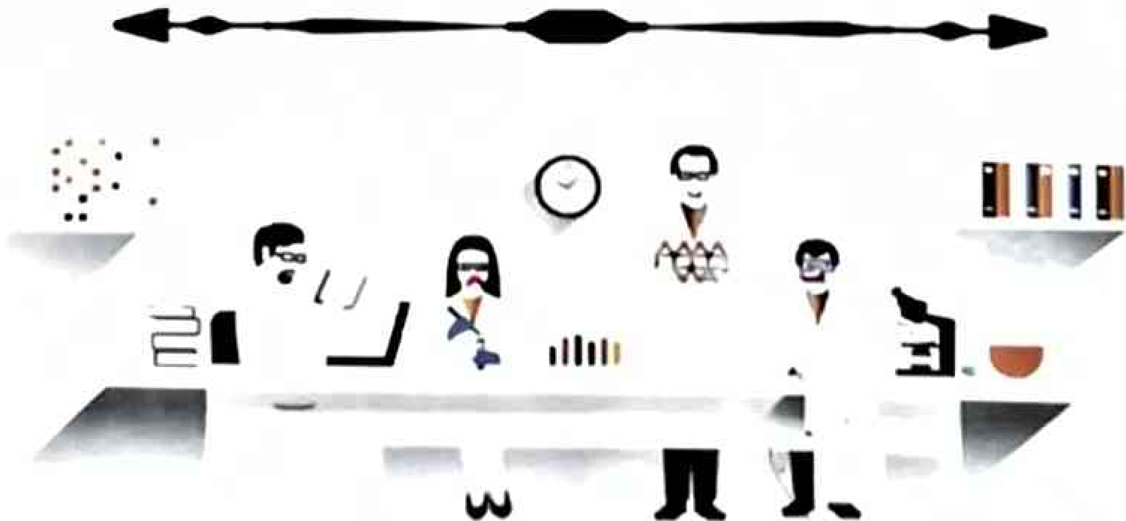
معلومة
$\ln 10 = 2.3$

نطبق القانون

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0.7101$$

$$\Delta G = -137049\ J/mol$$



س26 ما مقدار التغير في الطاقة الحرة للخلية التالية في درجة 25 C علما ان K_{eq} وان التفاعل العام لهذه $2.3 \times 10^{+4}$



الحل:

المطلوب هو الطاقة الحرة غير القياسية ΔG حيث يمكن ايجادها من القانون

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

لكن جهد الخلية غير القياسي E_{cell} غير متوفر اذا يجب ان نستخرجه من علاقة نيرنست

نكتب تفاعلات نصفي الخلية

انود


كاثود


معلومة 1

$10^{+4} = 10000$

التفاعل العام


نستخرج E°_{cell} من القانون

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026}{n}\ \ln K_{eq}$$

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026}{2}\ \ln 2.3 \times 10^{+4}$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.013\ \ln 2.3 + \ln 10^{+4}$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.013 \times 0.84 + 9.2$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.013 \times 10.04$$

$$E^{\circ}_{cell} = +0.13\ V$$

معلومة 2

$Ln10^{+4} = +4 \times Ln10$

$= 4 \times 2.3$

نستخرج E_{cell} من علاقة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n}\ \ln \frac{[Pb^{+2}]}{[H^{+}]^2}$$

$$E_{cell} = 0.13 - \frac{0.026}{2}\ \ln \frac{0.01}{[1]^2}$$

$$E_{cell} = 0.13 - 0.013 \times \ln 0.01$$

$$E_{cell} = 0.13 - 0.013 \times -4.6$$

$$E_{cell} = 0.189\ V$$

$\ln 10^{-2}$
$-2 \ln 10$
-2×2.3

قوانين الـ Ln تشبهه قوانين اللوغارتم Log

اصبح القانون جاهز

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0.189$$

$$\Delta G = -36477\ J/mol$$

معلومة 3

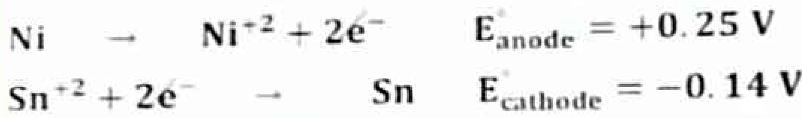
$Ln 2.3 = 0.84$

س27 خلية فولتائية في درجة حرارة 25 C تفاعلها العام $Sn^{+2} + Ni \rightarrow Sn + Ni^{+2}$ وزاري
إذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي يساوي (0.17 V) احسب تركيز ايونات النيكل Ni^{+2} علما ان قطب القصدير في ظروف القياسية وجهود الاختزال:

$$E^{\circ}_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25\ V \quad , \quad E^{\circ}_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$$

الحل:

نكتب تفاعلات نصفي الخلية



$$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.25\ V$$
$$Sn^{+2} + 2e^- \rightarrow Sn \qquad E^{\circ}_{cathode} = -0.14\ V$$



$$Sn^{+2} + Ni \rightarrow Sn + Ni^{+2}$$ التفاعل العام

اذا لم يعطي تركيز احد الايونات وذكر ان هذا الايون (القطب) في ظروف القياسية فان تركيزه يساوي (1M)

اذا طلب في السؤال تركيز او PH نستخدم معادلة نيرنست وبالتحديد Q

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$
$$E^{\circ}_{cell} = +0.25 + -0.14$$
$$E^{\circ}_{cell} = +0.11\ V$$

نستخرج التركيز من معادلة نيرنست

التركيز نبقى Q مجهولة

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Ni^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{n} \ln \frac{Ni^{+2}}{[Sn^{+2}] = 1M}$$ ← لانه ذكر في ظروف القياسية

$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{n} \ln \frac{Ni^{+2}}{1}$$
$$0.17 = 0.11 - 0.013\ \ln[Ni^{+2}]$$
$$0.17 - 0.11 = -0.013\ \ln[Ni^{+2}]$$
$$\ln[Ni^{+2}] = \frac{0.17 - 0.11}{-0.013}$$
$$\ln[Ni^{+2}] = -4.6$$
$$\ln[Ni^{+2}] = \ln 0.01$$
$$[Ni^{+2}] = 0.01\ M$$

معلومة
$Ln0.01 = -4.6$

اذا ذكر في السؤال ان القطب الفلاني في ظروف القياسية هذا يعني ان تركيز ذلك القطب هو ١ مولاري

س27 (وزاري) خلية فولتائية في درجة حرارة 25 C تفاعلها العام $Sn^{+2} + Ni \rightarrow Sn + Ni^{+2}$ إذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي يساوي (0.17 V) احسب تركيز ايونات النيكل Ni^{+2} علما ان قطب القصدير في ظروفه القياسية وجهود الاختزال:

$$E^{\circ}_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25\ V \quad , \quad E^{\circ}_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$$

الحل:

نكتب تفاعلات نصفي الخلية



$$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^- \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.25\ V$$



$$Sn^{+2} + 2e^- \rightarrow Sn \qquad E^{\circ}_{cathode} = -0.14\ V$$



$$Sn^{+2} + Ni \rightarrow Sn + Ni^{+2}$$ التفاعل العام

اذا لم يعطى تركيز احد الايونات وذكر ان هذا الايون (القطب) في ظروف القياسية فأن تركيزه يساوي (1M)

اذا طلب في السؤال تركيز او PH نستخدم معادلة نيرنست وبالتقدير Q

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = +0.25 + -0.14$$

$$E^{\circ}_{cell} = +0.11\ V$$

نستخرج التركيز من معادلة نيرنست

تكون تبقى الـ Q مجهولة

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Ni^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{n} \ln \frac{Ni^{+2}}{[Sn^{+2}] = 1M}$$ → لانه ذكر في ظروف القياسية

$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{n} \ln \frac{Ni^{+2}}{1}$$

$$0.17 = 0.11 - 0.013\ \ln[Ni^{+2}]$$

$$0.17 - 0.11 = -0.013\ \ln[Ni^{+2}]$$

$$\ln[Ni^{+2}] = \frac{0.17 - 0.11}{-0.013}$$

$$\ln[Ni^{+2}] = -4.6$$

$$\ln[Ni^{+2}] = \ln 0.01$$

$$[Ni^{+2}] = 0.01\ M$$

معلومة

$Ln0.01 = -4.6$

اذا ذكر في السؤال ان القطب الفلاني في ظروف القياسية هذا يعني ان تركيز ذلك القطب هو ١ مولاري

س29) خلية كلفانية في درجة $25C^\circ$ احد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط 1 atm من غاز الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته فيه (0.01 M)؟ احسب الاس الهيدروجيني (PH) لمحلول قطب الهيدروجين اذا علمت ان مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية -48.25 KJ/mol وان جهد اختزال قطب النيكل القياسي -0.25 V ؟

الحل :

يمكن استخراج الاس الهيدروجيني PH من علاقة نيرنست

لكن يجب ان نستخرج جهد الخلية القياسي E°_{cell} وجهد الخلية الغير قياسي E^0_{cell}

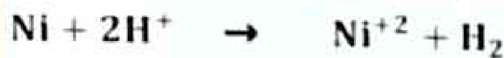
اولا نستخرج جهد الخلية القياسي E°_{cell} الهيدروجين كاثود والنيكل انود ونقلب اشارته



$$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.25\ V$$



$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^\circ_{cathode} = 0.0\ V$$



$$Ni + 2H^+ \rightarrow Ni^{+2} + H_2$$

من خلال جهود الاختزال نستخرج E°_{cell}

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode} \rightarrow E^\circ_{cell} = +0.25 + 0.0 \rightarrow E^\circ_{cell} = +0.25\ V$$

نستخرج جهد الخلية غير القياسي E_{cell} من ΔG

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

انتبه يجب تحويل ΔG من KJ الى J بضربها بـ1000

$$\Delta G = -48.25 \times 1000 \rightarrow \Delta G = -48250\ J \rightarrow \Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$

$$-48250 = -2 \times 96500 \times E_{cell}$$

$$E_{cell} = \frac{-48250}{-193000} = +0.25\ V$$

اي كسر بسطه صفر اذن هو يساوي صفر

$$X = \frac{0}{Y}$$

$$\therefore X = 0$$

اصبحت علاقة نيرنست جاهزة

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Ni^{+2}]}{[H^+]^2}$$

$$0.25 = 0.25 - 0.013 \ln \frac{0.01}{[H^+]^2} \rightarrow 0.25 - 0.25 = -0.013 \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$$

$$0 = -0.013 \ln \frac{0.01}{[H^+]^2} \rightarrow \frac{0}{-0.013} = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2} \rightarrow 0 = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$$

$$\ln 1 = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2} \rightarrow [H^+]^2 = 0.01$$

بالجذر

معلومة

$$Ln1 = 0$$

$$[H^+] = 0.1\ M \quad , \quad PH = -\log[H^+]$$

$$PH = -\log 0.1 \quad , \quad PH = -\log 10^{-1}$$

$$PH = 1$$

س بين متى $E^\circ_{cell} = E_{cell}$ ؟

ج عندما تكون المواد المتفاعلة و الناتجة بحالتها القياسية أي (1M) حيث تصبح قيمة Q مساوية الى الواحد الصحيح وقيمة ln Q تساوي صفراً.

ملاحظة

اذا كانت التراكيز متساوية عندها تكون قيمة $Q = 1$ وان

$Ln1 = 0$ عندها سيكون $E_{cell} = E^\circ_{cell}$

س30 اذا علمت ان جهد الخلية التالية $Sn|Sn^{+2}(?M)||Ag^{+}(1\,M)\,|Ag$ يساوي 0.9992 V فولت جد تركيز ايونات القصدير (Sn^{+2}) في محلول القطب علما ان قطب الفضة Ag في ظروفه القياسية وجهود الاختزال القياسي

$E^\circ_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ \ V$ ، $E^\circ_{Ag^{+}/Ag} = +0.80\ \ V$

الحل: من التعبير الكتابي وجهود الاختزال ان قطب **Sn** انود وقطب **Ag** كاثود

نكتب تفاعلات نصف الخلية يجب ان نوازن الشحنات بضرب معادل الفضة بـ ٢


$Sn \rightarrow Sn^{+2} + 2e^- \quad \times 1 \qquad E^\circ_{anode} = +0.14\ V$


$Ag^{+1} + e^- \rightarrow Ag \quad \times 2 \qquad E^\circ_{cathode} = +0.80\ V$


$Sn \rightarrow Sn^{+2} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = 0.14\ V$


$2Ag^{+1} + 2e^- \rightarrow 2Ag \qquad E^\circ_{cathode} = 0.80\ V$


$Sn + 2Ag^{+} \rightarrow Sn^{+2} + 2Ag$ التفاعل العام

$E_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode} \rightarrow E^\circ_{cell} = +0.14 + 0.80 \rightarrow E_{cell} = 0.94V$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Sn^{+2}]}{[2Ag^{+}]^2}$$

Ag في ظروفه القياسية تركيزه = 1

$$0.9992 = 0.94 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[Sn^{+2}]}{[1]^2}$$

$0.9992 - 0.94 = -0.013 \times \ln[Sn^{+2}] \rightarrow 0.06 = -0.013 \times \ln[Sn^{+2}]$

$\ln[Sn^{+2}] = \frac{0.06}{-0.013} \rightarrow \ln[Sn^{+2}] = -4.6 \rightarrow \ln[Sn^{+2}] = \ln 0.01$

$\therefore [Sn^{+2}] = 0.01M$

س٢٥ احسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي عند 25 $Mg|Mg^{+2}(1\,M)||Br^{-}(0.1\,M)|Br_2(1atm)|pt$ اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E^{\circ}_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37V$ $E^{\circ}_{Br_2/Br^{-}} = +1.07V$

الحل:

نكتب تفاعلات نصفي الخلية من خلال التعبير الكتابي

نجد ان "الالمنيوم اكسدة نقلب اشارته والبروم اختزال"



$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-}$ $\quad E^{\circ}_{anode} = +2.37\ V$

$Br_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Br^{-}$ $\quad E^{\circ}_{cathode} = +1.07\ V$



$Mg + Br_2 \quad Mg^{+2} + 2Br^{-}$ التفاعل العام

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$
$$E^{\circ}_{cell} = 2.37 + 1.07$$
$$E^{\circ}_{cell} = 3.44V$$

نستخرج جهد الخلية غير القياسي من معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n}\ln[Mg^{+2}][Br^{-}]^2$$

$$E_{cell} = 3.44 - \frac{0.026}{2}\ln[1] \times [0.1]^2$$

$$E_{cell} = 3.44 - 0.013\ln 0.01$$

$$E_{cell} = 3.44 - 0.013 \times -4.6$$

$$E_{cell} = 3.44 + 0.059 = 3.5\ V$$

$$\Delta G = -n\,F\,E_{cell}$$
$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 3.5$$
$$= -675500\ J/mol$$





س40 اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لـ :

$E^{\circ}_{Ag^{+1}/Ag} = +0.80V$ و $E^{\circ}_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$ اجب عن ما يأتي:

١: ماذا تتوقع إذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحين من الخارصين والفضة في محاليل من الكتروليتاتهم تركيز كل منهما 1M ، أي من اللوحين تقل كتلته واي منه سوف تزداد كتلته ولماذا ؟

٢: ما قيمة الطاقة الحرة لخلية فولتائية متكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة في محلول من ايونات الفضة تركيزه 0.1M؟

الحل:

١: من خلال جهود الاختزال سيكون قطب الخارصين انود (لانه الاصغر) وقطب الفضة كاثود وبذلك ستقل كتلة لوح الخارصين وتزداد كتلة لوح الفضة لانه عند اكتمال الدائرة الكهربائية للخلية الفولتائية سوف تفقد كل ذرة خارصين الكترونين لتعطي Zn^{+2} وينتقل الالكترونين عبر السلك الموصل الى قطب الفضة الذي يمثل الكاثود وبذلك يتاكل لوح الخارصين (تقل كتلته) ويزداد سمك قطب الفضة (تزداد كتلته) كما في المعادلات التالية :



$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ نصف تفاعل تاكسد $E^{\circ}_{anode} = +0.76\ V$



$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$ نصف تفاعل اختزال $E^{\circ}_{cathode} = +0.80\ V$

٢: نقوم باستخراج الطاقة الحرة غير القياسية من القانون $\Delta G = -n\ F\ E_{cell}$

لكن جهد الخلية غير القياسي E_{cell} غير متوفر اذا يجب ان نستخرجه من معادلة نيرنست

لكن في البداية يجب ان نوفر جهد الخلية القياسي E°_{cell}



$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ $E^{\circ}_{anode} = +0.76V$



$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$ $E^{\circ}_{cathode} = +0.80V$



$Zn + 2Ag^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + 2Ag$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode} \rightarrow E^{\circ}_{cell} = +0.76 + 0.80 \rightarrow E^{\circ}_{cell} = 1.56V$

نطبق علاقة نيرنست لاستخراج جهد الخلية غير القياسي E_{cell}

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Ag^+]^2} \rightarrow E_{cell} = 1.56 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{1}{[0.1]^2}$$

$$E_{cell} = 1.56 - 0.013 \ln 100 \rightarrow E_{cell} = 1.56 - (0.013 \times 4.6)$$

$$E_{cell} = 1.56 - 0.0598 \rightarrow E_{cell} = 1.5$$

اصبح القانون جاهز

$$\Delta G = -n\ F\ E_{cell} \rightarrow \Delta G = -2 \times 96500 \times 1.5 \rightarrow \Delta G = -298500\ J/mol$$

س٣٩ خفف محلول قطب الكاثود لخلية دانيال بالماء المقطر فانخفض جهد القطب بمقدار 0.0592 V عن جهد القطب القياسي احسب تركيز ايونات القطب حينئذ

الحل :



$$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$$

$$E_x = E_x^{\circ} = -\frac{0.026}{n}\ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$X - 0.0592 = X - \frac{0.026}{2}\ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$-X + X - 0.0592 = -0.013\ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$-0.0592 = -0.013\ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$\frac{-0.0592}{-0.013} = \ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$4.6 = \ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$\ln 100 = \ln\frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$100\,[Cu^{+2}] = 1$$

$$\therefore [Cu^{+2}] = \frac{1}{100} = 0.01$$

نفرض جهد القطب القياسي X

جهد القطب غير القياسي $X -$ 0.0592

معلومة

$Ln\ 100 = 4.6$








الخلايا الالكتروليتية

الخلايا الالكتروليتية وهي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بصورة غير تلقائية اي ان قيمة [illegible] لذا تكون موجبة الشحنة ولها عدة تطبيقات:

1- تنقية الفلزات   2- عمليات الطلاء الكهربائي

اهم انواع الخلايا الالكتروليتية :

1- خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم

التحليل الكهربائي وهو العمليات التي يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلايا الالكتروليتية غير التلقائي.

يحدث تكوين قطبا الاقطاب مثل الكاربون او البلاتين مغمورة في منصهر كلوريد الصوديوم وعند عملية التحليل الكهربائي فان الاختزال يحدث على الكاثود حيث تختزل ايونات Na^+ فقط مكونة فلز الصوديوم Na ويمثل تفاعل نصف الخلية الكاثود كالاتي:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

* عند الانود تحدث عملية التأكسد حيث تتأكسد ايونات الكلوريد Cl^- فقط وتترك الكترون الى الانود عند تكوين ذرة الكلور المتعادلة $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$

وبموازنة الالكترونات نضرب تفاعل الاختزال الكاثود في 2

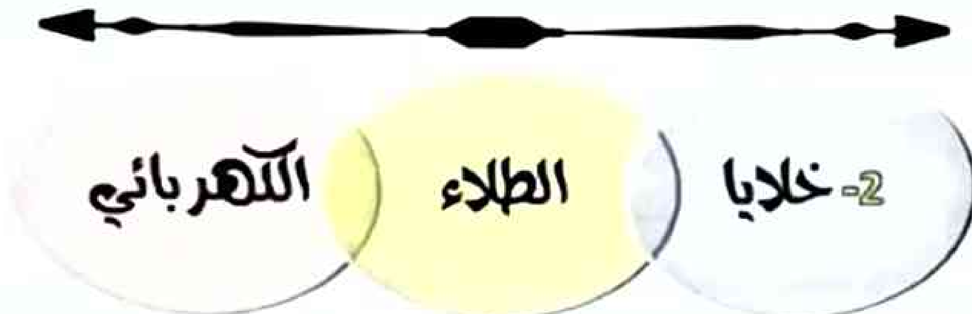
$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$ كاثود اختزال

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ انود تأكسد

$2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2Na$

علل يجب ابقاء الصوديوم مفصولا عن غاز الكلور

ج: حتى لا يتفاعل بشكل تلقائي لتكوين NaCl مرة ثانية.



الطلاء الكهربائي: وهي طريقة يستخدم بها التحليل الكهربائي لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز اخر او من نفس الفلز وله اهمية كبيرة حيث يستعمل لحماية المعادن من الصدأ او التأكل.



س مم تتركب خليه الطلاء الكهربائي ؟

ج: تتركب خليه الطلاء الكهربائي من قطب الانود ويتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثل الفضة النقية او الذهب النقي اما الكاثود فيتكون من السطح المراد طلائه مثل ملعقة الطعام او ما شابهها



س على ماذا تعتمد جودة الطلاء.

ج: ١- أن تكون شدة التيار الكهربائي المستخدم ضعيفة.

٢- تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل.



س٩ ما الفرق بين الخلية الكلفانية (مثل خلية دانيال) وخلايا التحليل الكهربائي ؟

الخلية الكلفانية	خلية التحليل الكهربائي
1- يتم استخدام التفاعل الكيميائي للحصول على الطاقة الكهربائية	1- يتم استخدام الطاقة الكهربائية للحصول على التفاعل الكيميائي
2- تفاعلاتها تلقائية $\Delta G = -$	2- تفاعلاتها غير تلقائية $\Delta G = +$
3- يستخدم جسر ملحي لنقل الايونات	3- لا يستخدم جسر ملحي
4- يستخدم سلك خارجي لنقل الالكترونات	4- تنتقل الالكترونات بواسطة الايونات الموجبة او السالبة
5 - مثال عليها خلية دانيال والبطاريات	5- مثال عليها خلية التحليل الكهربائي او الطلاء الكهربائي



قوانين فارادای

القانون الاول :

تتناسب كتلة أي مادة تترسب على الكاثود أو تذوب من الانود أو تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب مع كمية الكهربائية التي تمر خلال الخلية الكهربائية.

القانون الثاني :

تتناسب كتل المواد المختلفة التي تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات عند هذه الأقطاب باستخدام نفس الكمية من الكهربائية مع الكتل المكافئة للمواد المختلفة.

ملاحظات :

اذا اعطى الزمن بالساعات او الدقائق نحوله مباشرة الى الثواني

للتحويل من (hr ساعة) الى (ثواني S)

نضرب بـ 3600

للتحويل من (min دقائق) الى (ثواني S)

نضرب بـ 60

معادلة التحلل الكهربائي للماء

حفظ



$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

ملاحظة :

يجب حفظ اعداد التأكسد للعناصر وهذه طريقة مبسطة لحفظهم:

بصف (بـ بوتاسيوم K - صـ صوديوم Na - فـ فضة Ag) (كلهم 1+)

ذاك (ذ ذهب Au - أ المنيوم Al - كـ كروم Cr) (كلهم 3+)

والباقي 2+

ملاحظة

جميع الفلزات (Na – K – Ag – Au – Cr – Al) تترسب عند الكاثود

جميع الغازات تتحرر عند الانود عدا الهيدروجين يتحرر عند الكاثود

القوانين الرياضية

$Q = \frac{I_{(A)} \times t_{(s)}}{96500}$	Q = الشحنة الكهربائية $mole.\,e^-$ I = التيار الكهربائي A t = الزمن S 96500 = ثابت فاراداي F
$n = Q \times \frac{1}{Q}$	n = عدد المولات mole Q = الشحنة الكهربائية $mole.\,e^-$ Q = عدد الالكترونات من المعادلة e^-
$n = \frac{m}{M}$	n = عدد المولات mole m = الكتلة g M = الكتلة المولية g/mol
$n = \frac{PV}{RT}$	n = عدد المولات mole P = الضغط atm V = الحجم L R = الثابت العام للغازات 0.082 T = درجة الحرارة K
$n = \frac{V}{22.4}$	n = عدد المولات mole V = الحجم L يستخدم هذا القانون فقط عند STP
n = عدد الجسيمات / عدد افوكادرو N_A	n = عدد المولات mole عدد الذرات = عدد الجزيئات = عدد الجسيمات N_A عدد افوكادرو = $6.023 \times 10^{+23}$
عدد الالكترونات = Q × عدد افوكادرو	Q = الشحنة الكهربائية $mole.\,e^-$ عدد افوكادرو = $6.023 \times 10^{+23}$ عدد الالكترونات = e^-

معلومة

قبل البدء بالمسائل الخاصة بفاراداي

لاحظ القانون $n = Q \times \frac{1}{Q}$

ان Q الزرقاء تمثل الكهربائية $mole.e^-$

و ان Q الحمراء تمثل عدد الإلكترونات في المعادلة e^-





مثال 9 لتفاعل نصف الخلية التالي $Mg^{+2} + 2e^- \rightarrow Mg$ احسب عدد غرامات المغنيسيوم التي يمكن انتاجها من نلز المغنيسيوم عند امرار تيار شدته 25A لفترة ساعة واحدة (1hr) علما ان الكتلة الذرية للمغنيسيوم 24 ما هي عدد ذرات المغنيسيوم المترسبة عند الكاثود تحت نفس الظروف.

الحل

نحول وحدة الزمن من ساعات الى ثواني بضربه ب 3600

$$t = 1\ hr = 1 \times 3600 = 3600\ S$$

نستخرج Q من القانون

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$

$$Q = \frac{25 \times 3600}{96500} = 0.9\ mol.e^-$$

من خلال المعادلة المعطاة في السؤال ان عدد الالكترونات المفقودة ٢ هذا يعني ان $Q = 2$

$$n = Q \times \frac{1}{Q} \Rightarrow n = 0.9 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \therefore n = 0.45mol$$

نطبق القانون التالي لاستخراج الكتلة

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = n \times M \Rightarrow m = 0.45 \times 24 \Rightarrow m = 10.8\ g$$

ولاستخراج عدد الذرات المترسبة نطبق القانون التالي

$$n = \frac{\text{عدد الذرات المترسبة}}{\text{عدد افوكادو}}$$

عدد افوكادو × n = عدد الذرات المترسبة

عدد الذرات المترسبة $= 0.45 \times 6.023 \times 10^{+23} \Rightarrow = 2.7 \times 10^{+23}$ atmos

ملاحظة

اذا اعطى في السؤال زمن t وتيار I .

نقوم باستخراج الشحنة الكهربائية Q مباشرة من القانون الوحيد

$$Q = \frac{I_{(A)} \times t_{(s)}}{96500}$$

س٣٢ يترسب 0.648 g من احد الفلزات احادي التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته 3A لمدة 3min و 13 sec في محلول احد الاملاح لذلك الفلز احسب الكتلة الذرية للفلز المترسب ؟

الحل

نحول وحدة الزمن من دقيقة الى ثانية بضربها ب ٦٠

$$t = 3min + 13\ sec \quad \rightarrow \quad t = 3 \times 60 + 13 \quad \rightarrow \quad t = 193\ s$$

نستخرج الشحنة الكهربائية Q

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \quad \rightarrow \quad Q = \frac{3 \times 193}{96500}$$

$$Q = 0.006\ mol.e^-$$

$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$n = 0.006 \times \frac{1}{1}$$

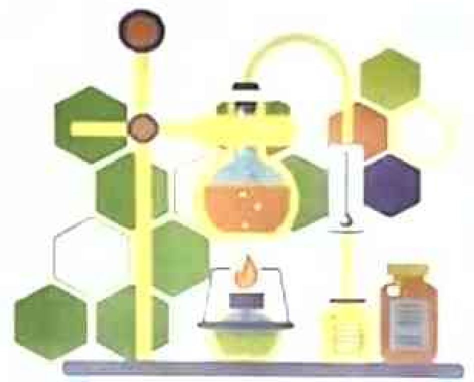
$$\therefore n = 0.006\ mol$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$M = \frac{m}{n}$$

$$M = \frac{0.648}{0.006}$$

$$M = 108\ g/mol$$



تمرين 13 ما هي شدة التيار الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200 S ليرسب 3 g من الذهب عند الكاثود الكتلة الذرية للذهب 197

الحل

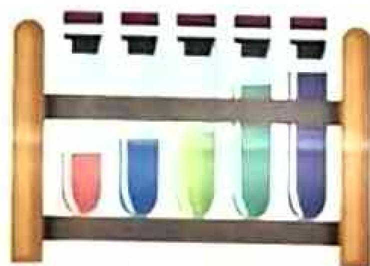


$$Al^{+3}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Au_{(s)}$$

نقوم باستخراج عدد المولات للذهب من القانون

$$n = \frac{m}{M} = \frac{3}{197} = 0.015\ mol$$

بما ان عدد التاكسد للذهب يساوي ٣ اذا $Q = 3$ اذا نطبق القانون التالي لاستخراج Q



$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$0.015 = Q \times \frac{1}{3}$$

$$Q = 3 \times 0.015$$

$$Q = 0.045 mol.e^-$$

ولاستخراج التيار I نطبق القانون

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$

$$0.045 = \frac{I \times 200}{96500}$$

$$I = \frac{0.045 \times 96500}{200} = 21.7A$$



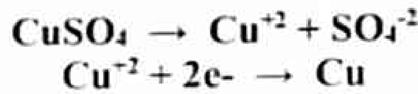
ملاحظة :

اذا طلب في السؤال زمن t او تيار I
نقوم بأستخراجهم مباشرة من القانون الوحيد

$$Q = \frac{I_{(A)} \times t_{(s)}}{96500}$$

تمرين ١٤ محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ تركيزه 0.2M وحجمه 600ml امرر فيه تيار كهربائي شدته 96.5A احسب الزمن اللازم لكي يتبقى 0.03mol من ايون النحاس ؟

الحل



$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$$

نحول وحدة الحجم من مللتر الى لتر بالقسمة على ١٠٠٠

$$V_{(L)} = \frac{600}{1000} = 0.6\ L$$

بما انه يتوفر لدينا الكتلة والحجم اذا سوف نستخرج عدد المولات الكلية

$$m = \frac{n}{V_{(L)}}$$
$$n = m \times V_{(L)}$$
$$n = 0.2 \times 0.6$$
$$n = 0.12\ mol$$ عدد المولات الكلية

بما انه :

$$n_{\text{الكلية}} = n_{\text{المستهلكة}} + n_{\text{المتبقية}}$$

ونحن نحتاج عدد المولات المستهلكة عندها سوف يصبح القانون

$$n_{\text{المستهلكة}} = n_{\text{الكلية}} - n_{\text{المتبقية}}$$
$$n_{\text{المستهلكة}} = 0.12 - 0.03$$
$$n_{\text{المستهلكة}} = 0.09\ mol$$

نقوم باستخراج الشحنة الكهربائية من القانون

$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$
$$0.09 = Q \times \frac{1}{2}$$
$$\therefore Q = 0.18 mol.e^-$$

ولاستخراج الزمن t نطبق العلاقة الوحيدة التي تحتوي على الزمن

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$
$$0.18 = \frac{96.5 \times t}{96500}$$
$$t = \frac{0.18 \times 96500}{96.5}$$
$$t = \frac{18 \times 965}{96.5} = 180\ S$$





س١٧) احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ فاذا تم جمع 0.08L من O_2 عند 25C وضغط 755 mmHg فاحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول

الحل :

المطلوب في السؤال هو الشحنة الكهربائية $Q = mol.e^-$



نحول الضغط من mmHg ← atm بقسمته على 760

$$P = \frac{755}{760} = 0.99\ atm$$

نطبق قانون الغازات المثالية لاستخراج عدد المولات n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{0.99 \times 0.08}{0.082 \times 298} = 0.003\ mol$$

هذه الثوابت حفظ
$R = 0.082$
$T = 298$

اصبحت عدد المولات جاهزة اذا نطبق القانون $n = Q \times \frac{1}{Q}$ لاستخراج الشحنة الكهربائية

$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$0.003 = Q \times \frac{1}{4}$$

$$\therefore Q = 4 \times 0.003 = 0.012\ mol.e^-$$

س١٨) ما هو التيار بالامبير (A) اللازم لترسيب 5g من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح الذهب حالة التأكسد للذهب فيه (+3) الكتلة الذرية للذهب 197

الحل :



$$n = \frac{m}{M} = \frac{5}{197} = 0.025\ mol$$

$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$0.0025 = Q \times \frac{1}{3}$$

$$\therefore Q = 0.075\ mol.e^-$$

نطبق القانون التالي لاستخراج التيار

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$

$$I = \frac{Q \times 96500}{t}$$

$$I = \frac{0.075 \times 96500}{3600} = 2.01\ A$$

$I = ?\ A$
$m = 5g$
$Q_{Au} = +3$
$M = 197 g/mol$
$t = 1\ hr = 3600s$

س٣١ امرار تيار كهربائي شدته 10 A خلال 965 S في خليه تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس، ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علما ان الكتلة الذرية للنحاس = 63 ؟

الحل :

نستخرج الشحنة الكهربائية

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \rightarrow Q = \frac{10 \times 965}{96500} = 0.1\ mol.e^-$$

بما ان المادة وهبت اذن $Q = 3$ اذا نستخرج عدد المولات

$$n = Q \times \frac{1}{Q} \rightarrow n = 0.1 \times \frac{1}{2} \rightarrow \therefore n = 0.05mol$$

نستخرج الكتلة من القانون (وزن النحاس المترسب)

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M \rightarrow m = 0.05 \times 63 \rightarrow m = 3.15g$$

نستخرج عدد ذرات النحاس

$$n = \frac{\text{عدد الذرات}}{\text{عدد افوكادرو}}$$

$$0.05 = \frac{\text{عدد الذرات}}{6.023 \times 10^{+23}}$$



$$\text{عدد الذرات} = 0.05 \times 6.023 \times 10^{+23}$$

$$\text{عدد الذرات} = 0.3 \times 10^{+23} atmos$$

س٣٢ احسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الاوكسجين في STP (معلومة : الحجم المولي لاي غاز عند STP يساوي 22.4L)

الحل:



بما ان الحجم المولي $V_{\text{الحجم المولي}} = 22.4\ L$

وضعف الحجم المولي يساوي 2×22.4

$$n = \frac{V}{22.4}$$

$$n = \frac{2(22.4)}{22.4} = 2\ mol$$

$$n = Q \times \frac{1}{Q} \rightarrow 2 = Q \times \frac{1}{4} \rightarrow Q = 8\ \ mol.e^-$$

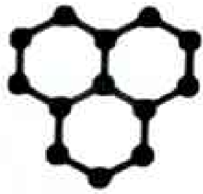
$$\text{عدد الالكترونات} = Q \times \text{عدد افوكادرو}$$

$$\text{عدد الالكترونات} = 8 \times 6.023 \times 10^{+23}$$

$$\text{عدد الالكترونات} = 48.16 \times 10^{+23}\ \ e^-$$

س ٣٤ احسب شدة التيار اللازم امراره لمدة 2 hr و 520 S في خلية تحليل الماء كهربائيا لكي تحرر $36.12 \times 10^{+21}$ جزيئة من الهيدروجين والاوكسجين على قطبي الخلية

الحل:





$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

$$\text{عدد الجزيئات} = 2X + X$$

$$36.12 \times 10^{+21} = 3X$$

$$X = \frac{36.12 \times 10^{+21}}{3}$$

$$X = 12.04 \times 10^{+21}$$

$$n = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد افوكادرو}}$$

$$n_{O_2} = \frac{12.04 \times 10^{+21}}{6.023 \times 10^{+23}}$$

$$n_{O_2} = 2 \times 10^{-2}$$

$$= 0.02\ mol$$

نستخرج الشحنة الكهربائية Q

$$n_{O_2} = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$0.02 = Q \times \frac{1}{4}$$

$$Q = 0.008\ mol.e^-$$

نستخرج التيار من القانون :

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$

$$I = \frac{Q \times 96500}{t}$$

$$= \frac{0.08 \times 96500}{(2 \times 3600) + 520}$$

$$I = \frac{0.08 \times 96500}{7720} = 1A$$

س١١) يسري تيار كهربائي لفترة 3 75 hr خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي تحتوي الخلية الاولى على محلول $AgNO_3$ في حين تحتوي الخلية الثانية على محلول $CuCl_2$ وخلال هذا الزمن ترسب 2g من الفضة في الخلية الاولى

أ) كم عدد غرامات النحاس التي سترسب في الخليه الثانية

ب) ما قيمة التيار الساري بالامبير علما ان الكتلة الذرية للفضة تساوي ١٠٨ والكتلة الذرية للنحاس ٦٣

الحل :

خلية		خلية
	$t = 3.7hr$	
$m = 2\ g$		$m = ?$
$M = 108\ g/mol$		$M = 63\ g/mol$
$Ag = +1$		$Cu = +2$
		

ملاحظة حول السؤال :

نقوم باستخراج Q من خلية الفضة وننقلها الى خلية النحاس لان الخليتان مربوطتان على التوالي اي ان $Q_{Ag} = Q_{Cu}$

نستخرج عدد مولات الفضة $n_{Ag} = \frac{m}{M} = \frac{2}{108} = 0.0185\ mol$

نستخرج Q للفضة من القانون

$$n = Q \times \frac{1}{Q}$$

$$0.0185 = Q \times \frac{1}{1} \rightarrow Q = 0.0185\ mol.e^{-}$$

هذه ال Q مشتركة للفضة والنحاس

اذن يمكن استخراج عدد غرامات النحاس بواسطة هذه ال Q

$$n_{Cu} = Q \times \frac{1}{Q} \rightarrow n_{Cu} = 0.0185 \times \frac{1}{2} \rightarrow \therefore n_{Cu} = 0.009\ mol$$

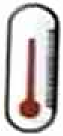
بما انه استخرجنا عدد مولات النحاس والكتلة المولية للنحاس معطاة في السؤال

اذن يمكن استخراج الكتلة للنحاس من القانون

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M \rightarrow m = 0.0009 \times 63 \rightarrow m = 0.64\ g$$

يتبع تكملة الحل ←

ب) لحساب التيار نستخدم العلاقة $Q = \frac{I \times t}{96500}$ لكن الزمن المعطى في السؤال هو في الساعات وليس في الثواني اذا



نقوم بتحويل الزمن الى الثواني حيث سوف نضرب بـ 3600

$$t = 3.75 \times 3600$$

$$t = 13500 \ S$$



اصبح القانون جاهز

$$Q = \frac{I \times t}{96500}$$

$$0.0185 = \frac{I \times 13500}{96500}$$

$$I = \frac{0.0185 \times 96500}{13500} = 0.14 \ A$$

س٣٥) اراد احد الصاغة طلاء خاتم بالذهب فامرر تيار كهربائي شدته 10A في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على احد املاح الذهب فترسب الذهب على الخاتم لوحظ انه خلال 9.65 s ان 75% من الكهربائية قد استهلكت لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب ؟ علما ان الكتلة الذرية للذهب 197

الحل : المطلوب في السؤال هو الكتلة m ويمكن استخراجها من القانون $n = \frac{m}{M}$

بما ان الكتلة المولية للذهب متوفرة: $M = 197 g/mol$ اذا يجب استخراج عدد المولات n

نستخرج الشحنة الكهربائية Q

$$Q_{الكلية} = \frac{I \times t}{96500} \rightarrow Q_{الكلية} = \frac{10 \times 9.65}{96500} = 0.001 \ mol.e^-$$

بما ان 75 من الكهربائية قد استهلكت اذا نقوم بالتالي :

$$Q_{المستهلكة} = Q_{الكلية} \times \frac{75}{100} \rightarrow Q = 0.001 \times 0.75$$

$$Q_{المستهلكة} = 0.00075 \ mol.e^-$$

بما انه عدد التاكسد للذهب 3+ اذا نستخرج عدد المولات من القانون: $n = Q \times \frac{1}{Q}$

$$n = 0.00075 \times \frac{1}{3} \rightarrow n = \frac{0.00075}{3} \rightarrow n = 0.00025 \ mol$$

اصبح القانون جاهز

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M \rightarrow m = 0.00025 \times 197 = 0.05 \ g$$

س ٣٨) في خلية تحليل الماء كهربائيا في STP تم امرار تيار كهربائي لمدة 3 دقائق و 13 ثانية فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين يساوي 0.0672 L اكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار ؟

الحل :



$2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$ نصف تفاعل اكسدة



$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$ نصف تفاعل اختزال



$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ التفاعل العام للخلية

نستخرج حجم كل غاز



$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

مجموع الغازين $= 2X + X$

$$0.0672 = 3X \rightarrow \therefore X = \frac{0.0672}{3} \rightarrow X = 0.0224\ L$$

ان هذا الـ X يمثل حجم الاوكسجين ولو اردنا حجم الهيدروجين نقوم بضرب الـ X بـ ٢ وكالتالي :

$V_{O_2} = 0.0224\ L$

$V_{H_2} = 0.0448\ L$

ولاستخراج التيار المار نطبق القانون $Q = \frac{I \times t}{96500}$

لكن الزمن والشحنة الكهربائية غير متوفرة اذا يجب ان نستخرجهم

نحول الزمن من الدقائق الى الثواني بضربه ب 60

$$t = 3 \times 60 + 13 \rightarrow t = 193$$

بما انه ذكر في السؤال عند STP اذا نستخرج عدد المولات للاوكسجين من القانون

$$n_{O_2} = \frac{V}{22.4}$$

$$n_{O_2} = \frac{0.0224}{22.4} = 0.001\ mol$$



نستخرج الشحنة الكهربائية

$$n_{O_2} = Q \times \frac{1}{Q} \rightarrow 0.001 = Q \times \frac{1}{4} \rightarrow \therefore Q = 0.004\ mol.e^-$$

نستخرج التيار من القانون

$$Q = \frac{I \times t}{96500} \rightarrow 0.004 = \frac{I \times 193}{96500} \rightarrow I = \frac{0.004 \times 96500}{193} = 2A$$

لا مانع من استخراج عدد المولات للهيدروجين بدلا من الاوكسجين حيث سيكون نفس الناتج جرب بنفسك !

س٢٦ عند امرار $0.2\ mol\ .\ e$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر $0.448\ L$ من الهيدروجين في STP احسب كتلة النحاس المترسب ؟ الكتلة الذرية للنحاس $= 63$.

الحل :

ان الشحنة الكهربائية المعطاة في السؤال هي الشحنة الكلية $Q_{\text{كلي}}$

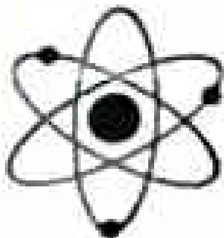
اي انها للنحاس وللهيدروجين

وبما ان المطلوب الكتلة للنحاس اذا يجب استخراج الشحنة الكهربائية للنحاس فقط

نقوم باستخراج الشحنة الكهربائية للهيدروجين

$$n = \frac{V}{22.4}$$

$$n = \frac{0.488}{22.4} = 0.02\ mol$$



$$n = Q_{H_2} \times \frac{1}{Q}$$

$$0.02 = Q_{H_2} \times \frac{1}{2}$$

$$\therefore Q_{H_2} = 0.04\ mol\ .\ e^-$$

نقوم باستخراج الشحنة الكهربائية للنحاس



$$Q_{\text{كلي}} = Q_{H_2} + Q_{Cu}$$

$$0.2 = 0.04 + Q_{Cu}$$

$$Q_{Cu} = 0.2 - 0.04$$

$$Q_{Cu} = 0.16\ mol\ .\ e^-$$

نستخرج عدد مولات النحاس ثم الكتلة



$$n = Q_{Cu} \times \frac{1}{Q}$$

$$n = 0.16 \times \frac{1}{2}$$

$$n = 0.16 \times 0.5$$

$$n = 0.08\ mol$$



$$n = \frac{m}{M}$$

$$\therefore m = n \times M$$

$$M = 0.08 \times 63$$

$$m = 5.04\ g$$

البطاريات (النضائد)



البطاريات: وتسمى أيضا بالخلايا الكلفانية وهي التي تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية ويكون تفاعلها غير تلقائي $\Delta G = +$ وتقسم البطاريات الى قسمين

أ – بطاريات اولية: وهي التي لا يمكن شحنها

ب – بطاريات ثانوية: يمكن أعادة شحنها



س) مم تتكون البطارية ؟

ج : تتكون البطارية عادة من تجميع عدد من الخلايا الكلفانية تربط على التوالي ويكون جهدها مساوي لمجموع جهود الخلايا المتكونة منها .



ان بعض انواع البطاريات الشائعة :

1- بطارية الخزن الرصاصية

حيث تستعمل هذه البطاريات في تشغيل السيارة وكثيرا من المعدات الكهربائية والصناعية .



س) مم تتكون بطاريات الخزن الرصاصية ؟

ج: ١) تتكون من مجموعة خلايا رصاصية كلفانية جهد كل منها أكثر بقليل من $2V$

٢) تتكون كل بطارية من قطبين أحدهما مصنوع من مادة الرصاص يمثل الانود والاخر مصنوع من أوكسيد الرصاص ويمثل الكاثود

٣) ويكون كلا القطبين مغمورين في محلول الكتروليتي هو حامض الكبريتيك الذي تتراوح كثافته عند شحن البطارية من $(1.3\ g/ml - 1.2\ g/ml)$

٤) وهذه البطارية مجموعة من ثلاث أو ست خلايا تعمل كخلية كلفانية جهدها $6V$ أو $12V$ على التوالي.

س ماهي التفاعلات التي تحدث عند الانود والكاثود لبطارية الخزن الرصاصية ؟

ج:



الانود $Pb_{(s)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^-$

الكاثود $PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow PbSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$



التفاعل العام $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(l)} \rightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$

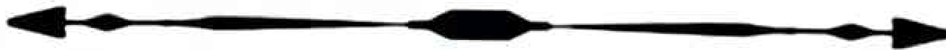
عند استمرار عمل الخلية تترسب كبريتات الرصاص بشكل مسحوق ابيض على القطبين كما ويستهلك حامض الكبريتيك الموجود بشكل متاين فتزداد كمية الماء مما يؤدي إلى انخفاض كثافة محلول الحامض.



س كيف يمكن إعادة شحن بطارية الخزن الرصاصية

ج:

يمكن اعادة شحن البطارية بامرار تيار كهربائي خارجي لعكس تفاعل الخلية فتصبح البطارية مجموعة خلايا الكتروليتية حيث يتفكك راسب $PbSO_4$ من على القطبين ويستعيد الحامض تركيزه (كثافته).





2- الخلية الجافة

خارصين + كاربون

س١٩ مم يتكون انود وكاثود البطارية الجافة ؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام واهم مميزاتها؟

ج:

وهي عبارة عن وعاء خارصين يعمل كأنود

مملوء بمعجون رطب من MnO_2

وكاربون (كرافيت) وكلوريد الامونيوم NH_4Cl تتاكسد ذرات الخارصين عند الانود



$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2e^-$$

وتنتقل الالكترونات داخل الخلية بواسطة الكربون وهو الكاثود حيث عنده يختزل MnO_2 بوجود الماء كما هو في التفاعل الاتي



$$2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2MnO(OH)_{(s)} + 2OH^-_{(aq)}$$

والتفاعل العام للخلية



$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2MnO(OH)_{(s)}$$



س ماهي مواصفات الخلية الجافة (خارصين - كاربون)

ج:

١- تعطي جهدا مقداره 1.48 V

٢- غير قابلة للشحن

٣- تستخدم في اجهزة الراديو والحاسوب وغيرها



3-4:30
4:30 6:00
6:00-7:30

ارقام صفحات اسئلة الفصل الرابع

س ١ تعاريف روح دور عليهن	س ٢ صفحة ٣٦	س ٣ صفحة ٣٤
س ٤ صفحة ٣٧	س ٥ صفحة ٤٢	س ٦ صفحة ٤٤
س ٧ صفحة ٤٧	س ٨ صفحة ٤٨	س ٩ صفحة ٥٩
س ١٠ صفحة ٦٧	س ١١ صفحة ٧٠	س ١٢ صفحة ٣٢
س ١٣ صفحة ٢٧	س ١٤ صفحة ٤٩	س ١٥ صفحة ٩
س ١٦ صفحة ٢٩	س ١٧ صفحة ٣٠	س ١٨ صفحة ٦٧
س ١٩ صفحة ٧٦	س ٢٠ صفحة ٤٥	س ٢١ صفحة ٤٩
س ٢٢ صفحة ٤٦	س ٢٣ صفحة الملزمة المشتركة	س ٢٤ صفحة ٥٠
س ٢٥ صفحة ٥٥	س ٢٦ صفحة ٥١	س ٢٧ صفحة ٥٢
س ٢٨ صفحة ٢١	س ٢٩ صفحة ٥٣	س ٣٠ صفحة ٥٤
س ٣١ صفحة ٦٨	س ٣٢ صفحة ٦٤	س ٣٣ صفحة ٦٨
س ٣٤ صفحة ٦٩	س ٣٥ صفحة ٧١	س ٣٦ صفحة ٧٣
س ٣٧ صفحة ٣٨	س ٣٨ صفحة ٧٢	س ٣٩ صفحة ٥٧
س ٤٠ صفحة ٥٦	انتهى	

ان الرجال معادن ورخيصها   لو مرت عليه نسمة تكسراً

تم بعونه تعالى

ملزمة

ملازم ووزاريات المتميز

الكيمياء



الفصل الخامس

للصف السادس الاحيائي

اعداد الاستاذ:حسين الهاشمي



الفصل الخامس
الكيمياء التناسقية

الكيمياء التناسقية: وهي الكيمياء التي تهتم بدراسة المركبات التناسقية او المركبات المعقدة من المجالات الرئيسية في الكيمياء اللاعضوية.

علل اصبحت دراسة المركبات التناسقية من المجالات الرئيسية في الكيمياء اللاعضوية؟

ج/ وذلك لما تتميز به من الوان مختلفة وخواص مغناطيسية وبنيات وتفاعلات كيميائية متعددة حيث تلعب هذه المركبات دورا مهما ومتزايدا في الصناعة والزراعة والطب والصيدلة وفي انتاج الطاقة النظيفة.

ان من اهم المركبات المعقدة في حياتنا اليومية





فيتامين



الكلوروفيل

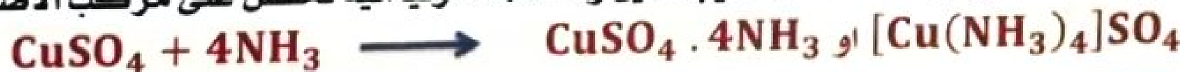
العناصر الانتقالية: وهي العناصر التي تقع ضمن الجدول الدوري بين المجموعتين IIA و IIIA الثانية والثالثة حيث يعتبر العنصر انتقالي اذا كان الغلاف الثانوي d او f مملؤ جزئيا او كليا ، اما في حالته الحرة او احد مركباته



$$(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6H_2O \longrightarrow FeSO_4 . (NH_4)_2SO_4 . 6H_2O$$

ملح مور

وعند اذابة كبريتات النحاس $CuSO_4$ في مذيب معين واضافة الامونيا اليه نحصل على مركب الاضافة الاتي:



$$CuSO_4 + 4NH_3 \longrightarrow CuSO_4 . 4NH_3 \text{ او } [Cu(NH_3)_4]SO_4$$

تقسم العناصر الانتقالية الى قسمين:

1- العناصر الانتقالية الرئيسية (عناصر مجموعة d):
وتتألف من ثلاث دورات كل منها يحتوي على عشرة عناصر تدعى بالسلاسل الانتقالية الاولى والثانية والثالثة.

2- العناصر الانتقالية الداخلية (عناصر مجموعة f):
والتي تتكون من دورتين كل منها تحتوي على اربعة عشر عنصر وتقع اسفل الجدول الدوري وتسمى اللانثنيدات والاكتنيدات.

وتمتاز العناصر الانتقالية بخواص مشتركة اهمها:

1- لها حالات تأكسد متعددة
2- تتصف العديد من مركباتها بالصفات البارامغناطيسية حيث ان للعناصر الانتقالية اغلفة d و f مملوءة جزئياً بالالكترونات.
3- العديد من مركباتها ملونة.
4- لها ميل كبير لتكوين الايونات او مركبات معقدة.



تقسم مركبات الاضافة الى نوعين:

أ المِلح المزدوج

وهو مركب اضافة مستقر يعطي عند اذابته في الماء كافة الايونات المكونة له وفي هذه الحالة يحتفظ كل ايون بصفاته المستقلة وعلى سبيل المثال عند اذابة ملح مور $FeSO_4 . (NH_4)_2SO_4 . 6H_2O$ فانه يعطي ايونات Fe^{+2} و NH_4^+ و SO_4^{-2}.

ب المركب التناسقي

وهو مركب اضافة مستقر ولكنه لا يعطي كافة الايونات له عند ذوبانه في الماء فان الصفات المستقلة لقسم من الايونات المكونه له سوف تختفي وعلى سبيل المثال فعند اذابة المركب التناسقي $CuSO_4 . 4NH_3$ في الماء فانه لن يعطي الايونات التي تكون منها (SO_4^{-2} , Cu^{+2}) بل يعطي ايون SO_4^{-2} فقط ويكون ايون Cu^{+2} ضمن المعقد $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$ وعلى وفق المعادلة



$$CuSO_4 . 4NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{+2} + SO_4^{-2}$$

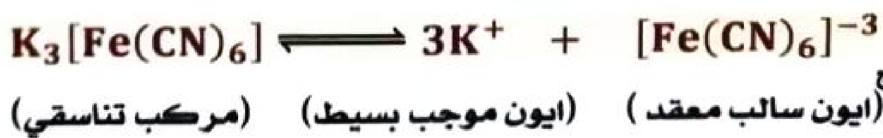
وبالتالي فأن هذا المركب في المحلول يعطي كشف ايون SO_4^{-2} فقط ولا يعطي كشف لايون Cu^{+2} لذلك يكتب المركب التناسقي بالشكل $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ويتكون هذا المركب التناسقي من ايون معقد موجب $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$ وايون سالب بسيط (SO_4^{-2}) .

س1 ما الذي يميز العناصر الانتقالية عن العناصر المثلة:

ج/ 1- لها حالات تأكسد متعددة.
2- تتصف العديد من مركباتها بالصفات البارا مغناطيسية.
3- العديد من مركباتها ملونة.
4- لها ميل كبير لتكوين ايونات او مركبات معقدة.

ملاحظة

يمكن للمركب التناسقي ان يتكون من ايون معقد سالب وايون موجب بسيط كما في الامثلة التالية



$$K_3[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{-3}$$

(مركب تناسقي) (ايون موجب بسيط) (ايون سالب معقد)



$$[Co(NH_3)_6]Cl_3 \rightleftharpoons [Co(NH_3)_6]^{+3} + 3Cl^-$$

(مركب تناسقي) (ايون موجب معقد) (ايون سالب بسيط)

هناك مركبات تناسيقة لاتذوب في الماء لعدم قدرتها على التأين وبالتالي لن تعطي اي ايونات عند وجودها بتماس مع الماء مثل $[Ni(Co)_4]$ و $[Co(NH_3)_3Cl_3]$.

مثال 1

وضح لماذا يصنف المركب $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ كملح مزدوج بينما يصنف المركب $K_3[Fe(CN)_6]$ كمركب معقد " مركب تناسقي " ؟

الحل: يتكون المركب $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ من مزج محلولي كبريتات الحديد (II) وكبريتات الامونيوم وفق المعادلة الاتية :



$$(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 \longrightarrow FeSO_4 . (NH_4)_2 SO_4$$

المركب الناتج هو ملح مور خالي من الماء وعند ذوبانه في الماء يعطي ايونات Fe^{+2} و NH_4^+ و SO_4^{-2} ويتم التأكد من وجودها بواسطة طرق الكشف الشائعة

اما عند اذابة المركب $K_3[Fe(CN)_6]$ في الماء فيكون ع المعادلة :



$$K_3[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons [Fe(CN)_6]^{-3} + 3K^+$$

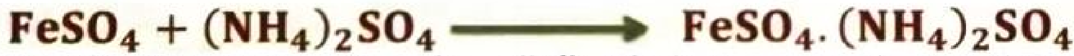
حيث يلاحظ:

اختفاء ايونات Fe^{+3} المستقلة لانها تكون ضمن الايون المعقد $[Fe(CN)_6]^{-3}$ وبالتالي فان المحلول المعقد في الماء يعطي كشف لايون K^+ فقط ولا يعطي كشف لايون Fe^{+3} وايون CN^- .

وهذا يعني ان المركب $Fe(NH_4)_2SO_4$ ملح مزدوج والمركب $K_3[Fe(CN)_6]$ مركب تناسقي

س 3 عند مزج محلول $FeSO_4$ مع محلول $(NH_4)_2SO_4$ بنسبة مولية 1 :1 فان المحلول الناتج يعطي كشف للأيون Fe^{+2} بينما عند مزج محلول $CuSO_4$ مع محلول الامونيا بنسبة مولية 1 :4 فأن المحلول الناتج يعطي كشفا للأيون Cu^{+2} وضح ذلك؟

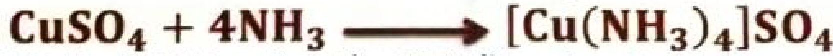
الحل: عند مزج محلول $FeSO_4$ مع $(NH_4)_2SO_4$ بنسبة 1 :1 كما في المعادلة



$$FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 . (NH_4)_2SO_4$$

فأن المركب الناتج هو ملح مور وعند ذوبانه في الماء سوف يعطي كشف لكافة الايونات التي تكون منها NH_4^+ ، SO_4^{-2} ، Fe^{+2}

بينما عند مزج محلول $CuSO_4$ مع محلول الامونيا بنسبة 1 :4 سيكون كما في المعادلة



$$CuSO_4 + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4$$

والمركب الذي نتج هو معقد تناسقي يذوب في الماء لكن لا يعطي كافة الايونات المكونة له كما في المعادلة



$$[Cu(NH_3)_4]SO_4 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]^{+2} + SO_4^{-2}$$

حيث يعطي كشف فقط لايون الكبريتات SO_4^{-2} ولا يعطي كشف لايون Cu^{+2} لانه سوف يكون ضمن معقد $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$

س 2 ما الفرق بين الاملاح المزدوجة والمركبات المعقدة؟

الملح المزدوج	المركب المعقد
1 ـ مركب اضافة مستقر	1 ـ مركب اضافة مستقر
2 ـ عند اذابته في الماء يعطي كافة الايونات المكونه له	2 ـ عند اذابته في الماء لا يعطي كافة الايونات المكونه له
3 ـ مثال عليه ملح مور $FeSO_4 . (NH_3)_2SO_4 . 6H_2O$ عند اذابته سوف يعطي ايونات Fe^{+2} , NH_4^+ , SO_4^{-2}	3 ـ مثال عليه المعقد $CuSO_4 . 4NH_3$ عند اذابته سوف يعطي كشفا لأيون SO_4^{-2} فقط ولا يعطي كشف Cu^{+2}
4 ـ تكتب المعادلات	4 ـ تكتب المعادلات



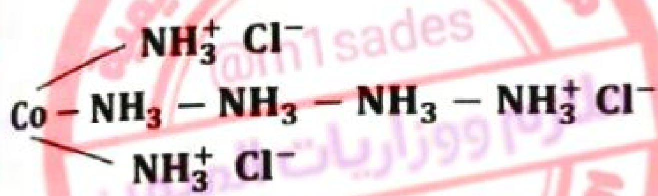
تطور الكيمياء التناسقية



يعد تحضير المركب كلوريد سداسي امين الكوبلت (III) $CoCl_36NH_3$ في عام 1798 البداية الحقيقية للكيمياء التناسقية وقد اثار تحضير هذا المركب اهتماما كبيرا لما له من صفات فريدة كان من الضروري تفسيرها فكيف يمكن لهذا المركب $CoCl_3$ ان يتحد مع الامونيا وكلاهما مركبان مستقران ولهما تكافؤ مشبع لتكوين مركب حر مستقر ايضا وتفسير ذلك لم يتم الا بعد قرن من الزمن تم خلالها تحضير ودراسة خواص العديد منها حيث ظهرت عدة نظريات لتفسير تكوين هذه المركبات الا ان مصيرها كان الاهمال لانها لم تتمكن من تغيير النتائج العملية وكانت احدى هذه النظريات نظرية السلسلة التي قد اقترحت من قبل العلماء في السويد الذي انتهج نفس المفهوم الذي عرف على تكوين سلاسل بين ذرات الكاربون في الكيمياء العضوية ولم تنجح هذه النظرية في تغيير الخواص كافة لهذا النوع من المركبات.

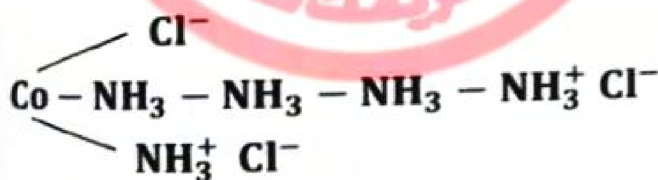
الصيغة (I) $CoCl_36NH_3$

عند اضافة محلول نترات الفضة $AgNO_3$ الى المحلول المائي لهذا المركب فأن ايونات الكلوريد تترسب بسرعة على شكل كلوريد الفضة لانها غير مرتبطة مباشرة بالكوبلت وتمثل هذه النظرية بنية المركب $CoCl_36NH_3$



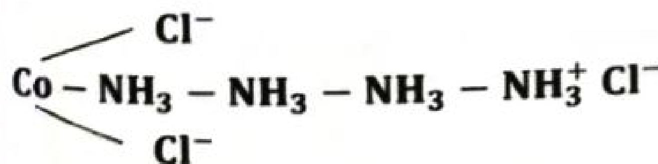
الصيغة (II) $CoCl_35NH_3$

- وتمثل هذه النظرية بنية المركب $CoCl_3.5NH_3$ بالصيغة (II) حيث يرتبط ايون كلوريد واحد مباشرة بالكوبلت والذي لا يترسب عند اضافة نترات الفضة بينما يترسب ايوني الكلوريد الاخر بسهولة.



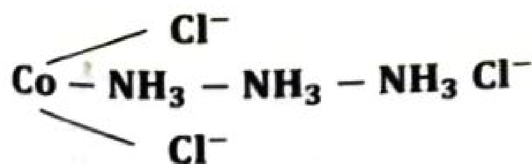
الصيغة (III) $CoCl_34NH_3$

- نلاحظ وجود ايوني من الكلوريد متصلين بشكل مباشر بالكوبلت بينما لا يتصل ايون الكلوريد الثالث بشكل مباشر والصيغة هذه تتماشى مع التجارب العملية السابقة ويترسب ايون الكلوريد الثالث.



الصيغة (IV) $CoCl_33NH_3$

- ان سلوك ايونات الكلوريد في هذه الصيغة هو مشابه لتلك التي في $CoCl_34NH_3$ لكنه وجد بأنه لايعطي راسبا عند اضافة محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ولهذا السبب ولاسباب اخرى لم تنجح هذه النظرية في تغيير الخواص لهذا النوع من المركبات



نظرية فرنر التناسقية



اعتمد العالم فرنر على الفرضيات التالية ....

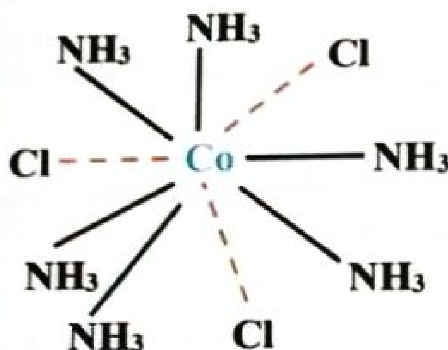
01 تمتلك اكثر العناصر نوعين من التكافؤ :

أ- تكافؤ اولي متأين يمثل بخط متقطع (- - - -) والذي يعرف بـ حالة التأكسد

ب- تكافؤ ثانوي غير متأين يمثل بخط متصل (——) ويعرف بـ العدد التناسقي

02 يحاول كل عنصر عند اشتراكه في تكوين مركب معقد اشباع كلا التكافؤين حيث تشبع التكافؤات الاولية بأيونات سالبة واما التكافؤات الثانوية فتشبع بأيونات سالبة او جزيئات متعادلة.

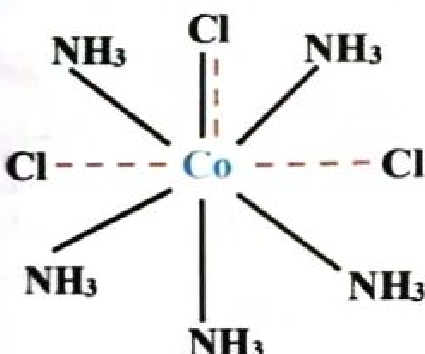
03 تتجه التكافؤات الثانوية نحو مواقع ثابتة في الفراغ تدعى بالمجال التناسقي حول ايون الفلز المركزي وهذا هو اساس الكيمياء الفراغية للمعقدات الفلزية.



الصيغة (V)

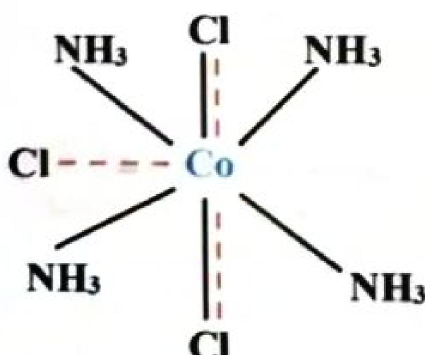
مثل فرنر التآصر بين الكوبلت وبين ايونات الكلوريد وجزيئات الامونيا في المركب $CoCl_36NH_3$ والتي يمكن التعبير عنها بالصيغة الجزيئية $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ حيث تكون الحالة التأكسدية (التكافؤ) للكوبلت $(3+)$ ولذلك تعمل ايونات الكلوريد الثلاثة على اشباع هذه التكافؤات الاولية (معادلة شحنة الكوبلت). اما التكافؤ الثانوي او عدد التناسق فيشبع من قبل جزيئات الامونيا المتعادلة الست، وبهذا يكون التكافؤ الثانوي للكوبلت (III) والذي يتمثل بالعدد التناسقي، يساوي (6).

وتسمى جزيئات الامونيا الست في هذه الحالة بالليكندات (Ligands) يرتبط الليكند حسب هذه النظرية مع الفلز بأواصر تناسقية داخل المجال التناسقي للفلز، ولا تعتبر ايونات الكلوريد ليكندات حيث تكون خارج مجال التناسق وترتبط بالفلز بأواصر ايونية وتترسب جميعها عند اضافة محلول نترات الفضة.



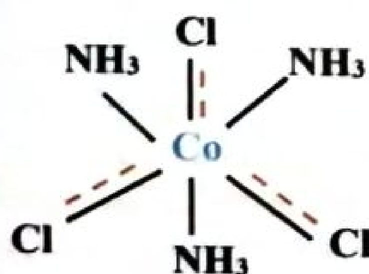
الصيغة (VI)

اما المركب $CoCl_35NH_3$ فقد مثله فرنر بالصيغة (VI) وهنا نجد ان احد ايونات الكلوريد قد قام بأشباع كلا التكافؤين الاولي والثانوي وعبر عن الاصرة التي تربطه بالفلز بالخطين المستمر والمتقطع ( ) ولهذا فإيون الكلوريد هنا لايترسب بسهولة عند اضافة محلول نترات الفضة كونه اصبح مرتبطا ارتباطا قويا مباشرا بذرة الكوبلت داخل المجال التناسقي. كما ان الايون المعقد الموجب $[Co(NH_3)_5Cl_3]^{+2}$ يحمل شحنة مقدارها (2+) لأن: $Co^{+3} + Cl^- = (+3) + (-1) = +2$ ولهذا يمثل المركب $CoCl_3.5NH_3$ بالصيغة الجزيئية $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ في الوقت الحاضر.



الصيغة (VII)

ويمثل المركب $CoCl_34NH_3$ حسب هذه النظرية بالصيغة (VII) حيث يشبع اثنان من ايونات الكلوريد كلا من التكافؤ الأولي والتكافؤ الثانوي ولهذا فأنهما يرتبطان بقوة في مجال التناسق، وبأضافة محلول نترات الفضة يترسب ايون كلوريد واحد فقط موجود خارج مجال التناسق ويتفكك هذا المركب في المحلول الى ايونات $[Co(NH_3)_4Cl_2]$ و Cl^- ولهذا يرمز له بالصيغة الجزيئية $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$.



الصيغة (VIII)

المركب $CoCl_3.3NH_3$ والذي مثل عنها فرنر بالصيغة $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ ان المركب $CoCl_33NH_3$ والذي يتمثل حسب نظرية فرنر بالصيغة (VIII) فهو لا يعطي راسبا عند اضافة محلول نترات الفضة ويمكن تمثيله بالصيغة الكيميائية $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ ان عدم ترسيب ايونات الكلوريد عند اضافة محلول نترات الفضة يعني ان هذا المركب لا يتأين في المحلول وهذا عكس ما توقعته نظرية السلسلة وقد بينت النتائج العلمية ان مركبات هذا النوع لا تتأين في المحلول مما برهن الى عدم صحة نظرية السلسلة وعزز فرضيات نظرية التناسق

س / ما الذي عزز فرضيات نظرية التناسق عن نظرية السلسلة؟

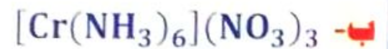
ج / اثبتت نظرية التناسق وجود مركبات تناسقية لا تتاين في المحلول مثل $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ مما برهن على عدم صحة نظرية السلسلة وعزز فرضيات نظرية التناسق.

مثال 2 ما التكافؤ الاولي (حالة التأكسد) والتكافؤ الثانوي (عدد التناسق) للفلز المركزي في المركبين الاتيين:



$$Fe + (-1 \times 6) = -4$$
$$Fe = -4 + 6$$
التكافؤ الاولي $\therefore Fe = +2$

التكافؤ الثانوي عدد الليكندات $= 6 \times 1 = 6$



$$Cr + (0 \times 6) = +3$$
التكافؤ الاولي $\therefore Cr = +3$

التكافؤ الثانوي عدد الليكندات $= 6 \times 1 = 6$

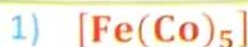
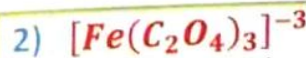
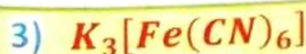
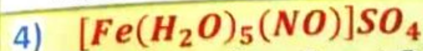


كم هو التكافؤ الاولي والتكافؤ الثانوي للحديد في المركب: $K_3[Fe(CN)_6]$

$$Fe + (-1 \times 6) = -3$$
$$Fe - 6 = -3$$
التكافؤ الاولي $Fe = +6 - 3 = +3$ حالة التأكسد

التكافؤ الثانوي $Fe = 6 \times 1 = 6$ عدد التناسق

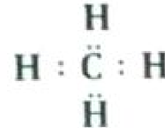
س 5 ما العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للحديد في المركبات التالية:

 1) $[Fe(Co)_5]$ $Fe + (0 \times 5) = 0$ $\therefore Fe = 0$	 2) $[Fe(C_2O_4)_3]^{-3}$ $Fe + (3 \times -2) = -3$ $Fe - 6 = -3$ $Fe = +6 - 3 = +3$ $\therefore Fe = +3$
 3) $K_3[Fe(CN)_6]$ $Fe + (-1 \times 6) = -3$ $Fe = -3 + 6 = +3$ $\therefore Fe = +3$	 4) $[Fe(H_2O)_5(NO)]SO_4$ $Fe + (0 \times 5) + 0 = +2$ $\therefore Fe = +2$



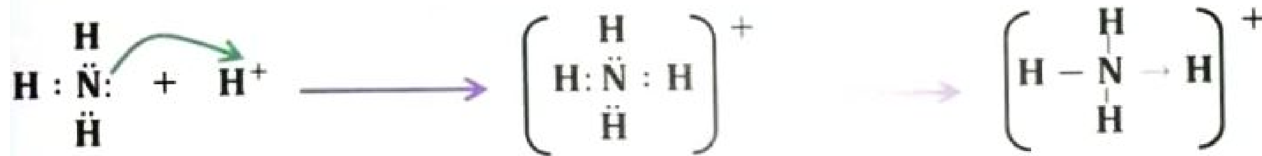
حوامض وقواعد لويس

يمثل كل من جزيء الميثان CH_4 والامونيا NH_3 وفق رمز لويس بالصيغتين التاليتين:




الميثان — الامونيا

نلاحظ ان هناك نقطة اختلاف جوهرية بينهما وهي وجود مزدوج الكتروني على ذرة النيتروجين لا تشترك في تكوين اصرة مع ذرة هيدروجين مما يجعل جزيء الامونيا ذا قابلية على التفاعل مع ذرات اخرى عن طريق اشراك هذا المزدوج الالكتروني تسمى الاصرة المتكونة نتيجة لاشتراك مزدوج الكتروني (مزدوج غير مشترك في تكوين اصرة) كما في ذرة النيتروجين مع ذرة اخرى تمتلك اوربيتال فارغ مهيأ لاستقباله بالاصرة التناسقية ويعبر عنها بسهم (⟵) يتجه من الذرة الواهبة الى الذرة المستقبلة للزوج الالكتروني كما هو في تفاعل الامونيا مع البروتون لتكوين ايون الامونيوم الموجب

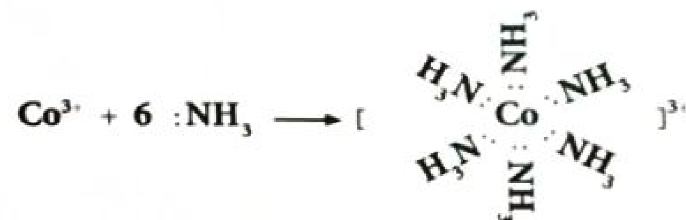


كما يمكن للأمونيا اشراك هذا المزدوج الالكتروني مع مركبات اخرى اضافة لايون الهيدروجين كما يمكن للأمونيا اشراك هذا المزدوج الالكتروني مع مركبات اخرى اضافة لأيون الهيدروجين كما في معقد امين الفلز عندما يهب النتروجين المزدوج الالكتروني الى ايون الفلز كما هو في التفاعلات الاتية:

س تعتبر الليكندات قواعد لويس والذرة المركزية حامض لويس؟ اذكر مثال يوضح ذلك.







تعد هذه التفاعلات تفاعلات تحدث بين حوامض وقواعد بمفهوم لويس حيث تعد الامونيا واهبة للالكترونات فهي قاعدة حسب مفهوم لويس اما الايون الفلزي الذي استقبل هذا المزدوج الالكتروني فيعد حامض حسب مفهوم لويس لينتج معقد تناسقي.

حامض لويس: كل مادة لها القابلية على اكتساب الكترونات.

قاعدة لويس: المادة التي لها القابلية على فقدان الكترونات.

الاصرة التناسقية: وهي الاصرة المتكونة نتيجة لاشتراك مزدوج الكتروني حر كما في ذرة النيتروجين مع ذرة اخرى تمتلك اوربيتال فارغ مهيئ لاستقباله ويعبر عنها بسهم يتجه من الذرة الواهبة الى الذرة المستقبلة للمزدوج الالكتروني كما في تفاعل الامونيا مع البروتون لتكوين ايون الامونيوم الموجب.

مصطلحات الكيمياء التناسقية

01 **الليكند:** جزيء او ايون سالب او موجب الشحنة يرتبط بالأيون المركزي من خلال ذرة واحدة او اكثر مانحة للمزدوجات الالكترونية وعندما يهب الليكند مزدوج واحد يسمى احادي المخلب وعندما يهب مزدوجين يسمى ثنائي المخلب وعندما يهب اكثر من مزدوجين من الالكترونات يسمى متعدد المخلب.

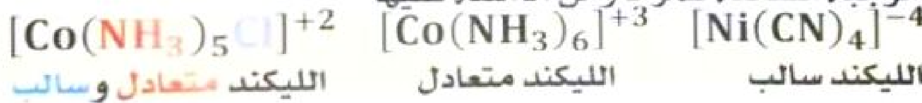
02 **الايون المركزي:** وهو ذرة مركزية مستقبلة للمزدوجات الالكترونية وعادة تكون فلز يرتبط كيميائيا بالليكند بأصرة تناسقية تسمى هذه الذرة المركزية بالأيون المركزي.

03 **المعقد التناسقي:** وهو المركب الناتج من اتحاد الايون المركزي مع عدد من الليكندات بواسطة اواصر تناسقية.

04 **عدد التناسق:** وهو عدد الجزيئات او الايونات (الليكندات) التي ترتبط بالايون الفلزي المركزي مضروبا في عدد المخالب التي يمتلكها الليكندات اي انه يساوي عدد الاواصر التناسقية واكثر اعداد التناسق شيوعا هي $(6, 4, 2)$ واما الاعداد الفردية يكون نادرا جدا.

05 **الايون المعقد:** وهو صنف مشحون بشحنة موجبة او سالبة يحتوي على ذرة فلز مركزية وعدد مناسب من الليكندات تحيط بها.

قد تكون الذرة المركزية متعادلة اولها عدد تأكسد موجب او سالب اما اليكندات فقد تكون جزيئات متعادلة او ايونات سالبة او موجبة الشحنة عموما ومن الامثلة عليها



$[Co(NH_3)_5Cl]^{+2}$ $[Co(NH_3)_6]^{+3}$ $[Ni(CN)_4]^{-4}$

الليكند متعادل وسالب   الليكند متعادل   الليكند سالب

06 **معقد متعادل:** وهو المعقد الذي لايحمل شحنة وهو لايتأين في الماء ومن الامثلة على المعقدات المتعادلة



$[Pt^{+3}(NH_3)_2Cl_2]$; $[Co^{+3}(NH_3)_3Cl_3]$; $[Ni^{\circ}(Co)_4]$;$[Ni^{+2}(dmg)_2]$

07 **مجال التناسق:** وهي عبارة عن اقواس [ ] يتم التعبير فيها عن المركب المعقد وتكون بداخله الذرة المركزية والليكندات بين اقواس ويسمى ايضا بالمجال الداخلي اما الجزء الذي يكتب خارج هذه الاقواس يسمى بمجال التأين او المجال الخارجي للمعقد وعلى سبيل المثال يكون المجال التناسقي للمعقد $[Co(NH_3)_5Cl]$.

08 **الكيمياء التناسقية:** وهو ذلك الجزء من الكيمياء اللاعضوية المعني بدراسة المركبات التناسقية وصفاتها

س13 عرف المصطلحات الاتية:

المركب التناسقي: وهو المركب الناتج من اتحاد الايون المركزي مع عدد من الليكندات بواسطة اواصر تناسقية.

الليكند: هو جزيء او ايون سالب او موجب الشحنة يرتبط بالايون المركزي خلال ذرة واحدة او اكثر مانحة للمزدوجات الالكترونية.

ذرة مانحة: وهو عبارة عن ذرة واحدة او اكثر مانحة للمزدوجات الالكترونية يرتبط من خلاله الايون المركزي بالليكند

عدد التناسق: وهو عدد الجزيئات او الايونات (الليكند) التي ترتبط بالايون الفلزي المركزي مضروبا في عدد المخالب التي يمتلكها الليكند.

أنواع الليكندات

أ ليكندات احادية المخلب

وهي عبارة عن ايونات سالبة او جزيئات متعادلة قادرة على منح مزدوج الكتروني واحد الى ايون الفلز الموجب وتسمى ليكندات احادية السن مثل الايونات I^-, F^-, Br^-, Cl^- وجزيئات مثل الامونيا NH_3 والكيل امين مثل RNH_3 والبيريدين (C_5H_5N) وجزيئات مثل الماء H_2O .

ب ليكندات ثنائية المخلب

وهي الايونات والجزيئات التي لها القدرة على الارتباط بأيون الفلز عبر اكثر من ذرة واحدة (تمتلك مزدوج الكتروني غير مشترك في التفاعل) مكونة من مركبات حلقية مثل ايون الاوكزالات $C_2O_4^{-2}$ وجزيئة اثلين ثنائي امين $NH_2 - CH_2 - CH_2 - NH_2$.

ج ليكندات متعددة المخلب

وهي الليكندات المعقدة التي تحتوي على ثلاث او اربع او احيانا حتى اكثر من ذلك من الذرات القادرة على المساهمة في بناء اواصر تناسقية وكمثال على ذلك الليكند (... امين رباعي حامض الخليك) EDTA



EDTA ليكند سداسي السن وذلك لاحتوائه على ست ذرات قادرة على الارتباط التناسقي.

س/ لماذا توجد ليكندات أحادية المخلب وأخرى ثنائية المخلب؟

ج/ توجد ليكندات أحادية المخلب وذلك لانها ايونات سالبة او جزيئات متعادلة قادرة على منح مزدوج الكتروني واحد الى ايون الفلز الموجب وهي تحوي في تركيبها الكيميائي على ذرة واحدة قابلة للارتباط مع الذرة المركزية للفلز مثل NH_3 , Cl^-

اما الليكندات ثنائية المخلب فهي عدة ايونات او جزيئات التي لها القدرة على الارتباط بأيون الفلز عبر اكثر من ذرة واحدة (تمتلك مزدوج الكتروني غير مشترك في التفاعل) مكونة مركبات حلقية مثل ايونات الاوكزالات $C_2O_4^{-2}$.

س/ ما الفرق بين تكافؤ المركبات البسيطة والمعقدات التناسقية؟

ج/ ان المركبات البسيطة تمتلك تكافؤ واحد وهو (حالة التأكسد) اما بالنسبة للمعقدات التناسقية فتمتلك تكافؤين الأول هو (حالة التأكسد) والثاني هو (العدد التناسقي) .

س/ المعقدات التناسقية المتعادلة لا تتأين في الماء، لماذا؟

ج/ وذلك لان المعقدات التناسقية المتعادلة لاتمتلك ايونات في مجال التأين أي ان الذرة المركزية والليكندات متواجدين داخل اقواس مجال التناسق لذلك لا تتأين في الماء.



تمرين 7

ما الفرق بين ايونات الكلور الموجودة في المعقد التناسقي $[Co(NH_3)_4Cl]Cl_2$ من حيث قابليتها على التاين مع تفسير ذلك؟

ج/ ان ايوني الكلور الموجودين خارج مجال التناسق اي في (المجال الايوني) يمكن ترسيبهما لانهما يقعان في مجال التاين اما بالنسبة لايون الكلور الموجود داخل اقواس مجال التناسق فهو غير قابل للتاين وبالتالي لا يمكن ترسيبه



قاعدة العدد الذري الفعال EAN

تنص هذه القاعدة على ان المعقد التناسقي يصبح مستقرا اذا كان مجموع الالكترونات الموجودة على الفلز او الالكترونات الممنوحة من قبل الليكندات تساوي العدد الذري لأحدى الغازات النبيلة Kr_{36} Xe_{54} Rn_{86}.

العدد الذري الفعال

هو المجموع الكلي للالكترونات الموجودة على الذرة المركزية و الممنوحة من الليكندات ان استقرارية المعقدات التناسقية تتوقف على تماثل ترتيبها مع الترتيب الالكتروني للغازات النبيلة حيث ان:

يصبح المعقد التناسقي مستقر اذا كان مجموع الالكترونات الموجودة على الفلز (الايون المركزي) والالكترونات الممنوحة من قبل الليكندات يساوي العدد الذري لأحد الغازات النبيلة Kr_{36} Xe_{54} Rn_{86} حيث تنطبق هذه القاعدة على العديد من المركبات المعقدة.

مثال 3

ما العدد الذري الفعال للمعقد $[Co(NH_3)_6]^{+3}$ وهل تنطبق قاعدة EAN عليه؟ إذا علمت ان العدد الذري للكوبلت 27 ؟

الحل:

$Co + (6 \times 0) = +3$
$Co = +3$

الامونيا NH_3 ليكند احادي المخلب اي نضرب عدد التناسق بـ 2 .

$Co = 27\ e^-$
$Co^{+3} = 24\ e^-$
$6NH_3 = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$

$[Co(NH_3)_6]^{+3} = 36\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 36 وهو يساوي العدد الذري للغاز النبيل الكربتون Kr_{36} ولهذا المركب المعقد يكون مستقرا لانه يخضع لقاعدة العدد الذري الفعال.

مثال 4

ما العدد الذري الفعال للمعقد $[CoCl_4]^{-2}$ وهل تنطبق قاعدة EAN عليه؟ إذا علمت ان العدد الذري للكوبلت 27 ؟

الحل:

$Co + (4 \times -1) = -2$
$Co = -2 + 4 = +2$

الامونيا NH_3 ليكند احادي المخلب اي نضرب عدد التناسق بـ 2 .

$Co = 27\ e^-$
$Co^{+2} = 25\ e^-$
$4Cl = 4 \times 2e^- = 8\ e^-$

$[CoCl_4]^{-2} = 33\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 33 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة لهذا لا يخضع الى قاعدة العدد الذري الفعال ولكن على الرغم من ذلك فأن هذا المعقد مستقر (حالة شاذة).

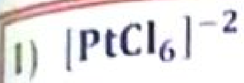
تمرين 2

احسب العدد الذري الفعال للمعقدات التالية ثم بين هل تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال؟

علما ان الاعداد الذرية: $Ni = 28$ $Fe = 26$ $Pd = 46$

1) $[Pd(NH_3)_6]^{+4}$	2) $[Fe(CN)_6]^{-3}$	3) $[Ni(en)_3]^{+2}$
$Pd = 46\ e^-$ $Pd^{+4} = 42\ e^-$ $6NH_3 = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$	$Fe = 26\ e^-$ $Fe^{+3} = 23\ e^-$ $6CN = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$	$Ni = 28\ e^-$ $Ni^{+2} = 26\ e^-$ $3en = 3 \times 4e^- = 12\ e^-$
$[Pd(NH_3)_6]^{+4} = 54\ e^-$	$[Fe(CN)_6]^{-3} = 35\ e^-$	$[Ni(en)_3]^{+2} = 38\ e^-$
العدد الذري الفعال هنا يساوي 54 وهو يساوي العدد الذري للغاز النبيل الزينون Xe_{54} ولهذا المركب للمعقد يكون مستقرا لانه يخضع لقاعدة العدد الذري الفعال.	العدد الذري الفعال هنا يساوي 35 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لاتنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر .	العدد الذري الفعال هنا يساوي 38 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهنا لاتنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر

س 4 عرف قاعدة العدد الذري الفعال ثم احسب قيمته لكل من المعقدات التالية علماً ان الاعداد الذرية لكل من $Ag = 47$ $Cr = 24$ $Fe = 28$ $Pt = 78$



1) $[PtCl_6]^{-2}$

$Pt = 78\ e^-$
$Pt^{+4} = 74\ e^-$
$6Cl = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$

$[PtCl_6]^{-2} = 86\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 86 وهو يساوي العدد الذري للغاز النبيل الرادون Rn_{86} ولهذا المركب المعقد يكون مستقراً لأنه يخضع لقاعدة العدد الذري الفعال.

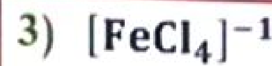


2) $[Pt(NH_3)_6]$

$Pt = 78\ e^-$
$Pt^0 = 78\ e^-$
$6NH_3 = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$

$[Pt(NH_3)_6] = 90\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 90 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لا تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر.



3) $[FeCl_4]^{-1}$

$Fe = 26\ e^-$
$Fe^{+3} = 23\ e^-$
$4Cl = 4 \times 2e^- = 8\ e^-$

$[FeCl_4]^{-1} = 31\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 31 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لا تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر.



4) $[Cr(NH_3)_6]^{+3}$

$Cr = 24\ e^-$
$Cr^{+3} = 21\ e^-$
$6NH_3 = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$

$[Cr(NH_3)_6]^{+3} = 33\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 33 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لا تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر.



$[Ag(NH_3)_2]^+$

$Ag = 47\ e^-$
$Ag^{+1} = 46\ e^-$
$2NH_3 = 2 \times 2e^- = 4\ e^-$

$[Ag(NH_3)_2]^+ = 50\ e^-$

العدد الذري الفعال هنا يساوي 50 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لا تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر.







ما هو العدد الذري الفعال للمعقدين $[Ni(NH_3)_6]^{+2}$ و $[Ag(NH_3)4]^{+}$ وهل تنطبق قاعدة EAN عليهم؟ إذا علمت ان العدد الذري للنيكل هو 28 و للفضة 47 ؟

$[Ag(NH_3)_4]^{+}$ $Ag = 47\ e^-$ $Ag^{+1} = 46\ e^-$ $4NH_3 = 4 \times 2e^- = 8\ e^-$ ------------------ $[Ag(NH_3)_4]^{+} = 54\ e^-$ العدد الذري الفعال هنا يساوي 54 وهو يساوي العدد الذري للغاز النبيل الزينون Xe_{54} ولهذا للمركب المعقد يكون مستقرا لأنه يخضع لقاعدة العدد الذري الفعال.	$[Ni(NH_3)_6]^{+2}$ $Ni = 28\ e^-$ $Ni^{+2} = 26\ e^-$ $6NH_3 = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$ ------------------ $[Ni(NH_3)_6]^{+2} = 38\ e^-$ العدد الذري الفعال هنا يساوي 38 وهو لا يساوي العدد الذري لأي من الغازات النبيلة ولهذا لاتنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال والمعقد غير مستقر .

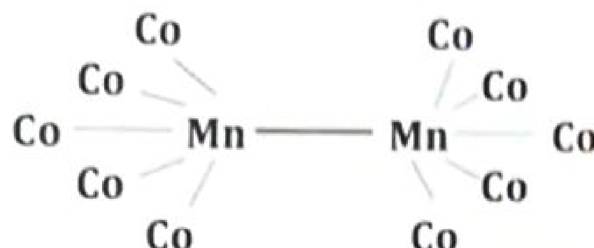
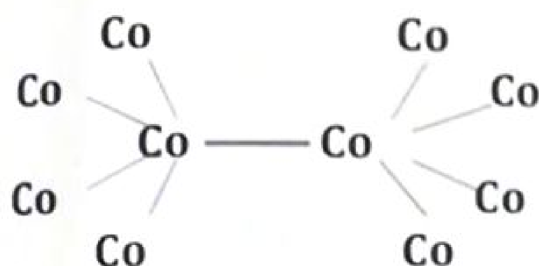
نستنتج بأن اهمية هذه القاعدة تعد قليلة، الا انها مفيدة في مجال محدد من الكيمياء التناسقية وخاصة لمعقدات الكاربونيل الفلزية $[X(Co)_n]$ ومن الامثلة على ذلك:

$[Ni(Co)_4]$ $Ni = 28\ e^-$ $Ni = 28\ e^-$ $4Co = 4 \times 2e^- = 8\ e^-$ ------------------ – $[Ni(Co)_4] = 36\ e^-$	$[Fe(Co)_5]$ $Fe = 26\ e^-$ $Fe^0 = 26\ e^-$ $5Co = 5 \times 2e^- = 10\ e^-$ ------------------ $[Fe(Co)_5] = 36\ e^-$	$[Cr(Co)_6]$ $Cr = 24\ e^-$ $Cr^0 = 24\ e^-$ $6Co = 6 \times 2e^- = 12\ e^-$ ------------------ – $[Cr(Co)_6] = 36\ e^-$

يتضح من قيمة العدد الذري الفعال لهذه المعقدات بأنها تتبع القاعدة.
ان الفلزات ذات الاعداد الذرية الفردية لا تتبع قاعدة العدد الذري الفعال عند اضافة هذا النوع من الليكندات (Co) لان الناتج النهائي سيكون عدد فردي وبالتالي لا يساوي اي من الاعداد 36 او 54 او 86 مهما كان عدد الليكندات (الكاربونيلات) المضافة.
لذلك وجد ان مثل هذه المركبات تتواجد بشكل مزدوجات Dimer او متعددات جزيئة polymers مثل المعقدان: $[Mn_2(Co)_{10}]$ او $[Co_2(Co)_8]$.



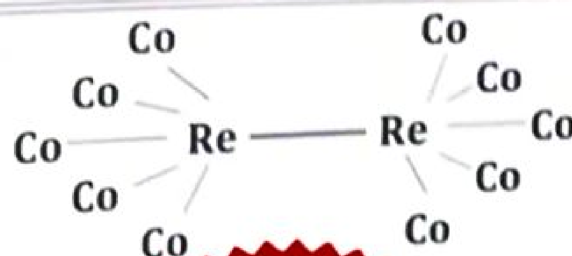
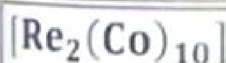
س / احسب العدد الذري الفعال لكل من المعقدات التالية

 $[Mn_2(Co)_{10}]$ $Mn = 25\ e^-$ $Mn - Mn = 1e^-$ $5Co = 5 \times 2\ e^- = 10\ e^-$ ------------------- $[Mn_2(Co)_{10}] = 36\ e^-$	$[Co_2(Co)_8]$ $Co = 27\ e^-$ $Co - Co = 1\ e^-$ $4Co = 4 \times 2\ e^- = 8\ e^-$ ------------------- $[Co_2(Co)_8] = 36\ e^-$
	



احسب العدد الذري الفعال للمعقد $[Re_2(Co)_{10}]$ ثم بين هل تنطبق قاعدة EAN عليه؟ اذا علمت ان العدد الذري لـ Re هو 75 ؟

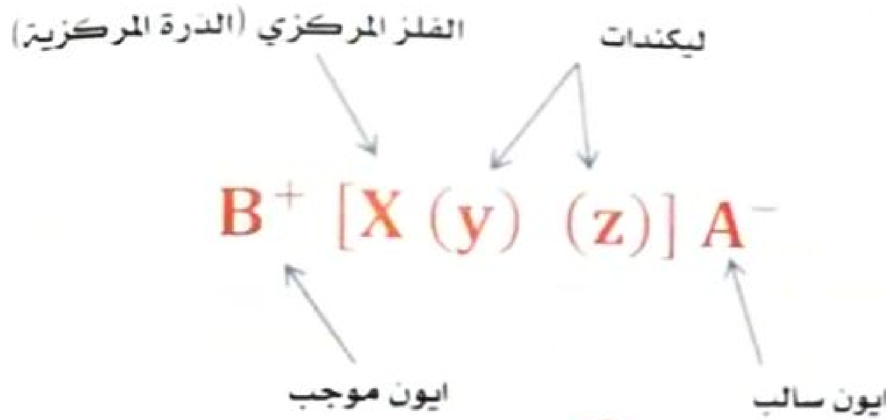
الحل

	 $[Re_2(Co)_{10}]$ $Re = 75\ e^-$ $Re - Re = 1e^-$ $5Co = 5 \times 2\ e^- = 10\ e^-$ ------------------- $[Re_2(Co)_{10}] = 86\ e^-$ **العدد الذري الفعال هنا يساوي 86 وهو يساوي العدد الذري للغاز النبيل الرادون Rn_{86} ولهذا المركب للمعقد يكون مستقرا لانه يخضع لقاعدة العدد الذري الفعال.**

قبل الدخول الى تسمية المركبات التناسقية يجب معرفة شحنة الليكند

اسم الليكند		التركيب	الشحنة	نوع المخلب
1 خلاتو		CH_3COO^-	(−1)	احادي المخلب
2 اكوا	غير ضاغط	H_2O	(0)	احادي المخلب
3 امين		NH_3	(0)	احادي المخلب
4 - ازيدو		N_3^-	(−1)	احادي المخلب
5 - برومو	غير ضاغط	Br^-	(−1)	احادي المخلب
6 - كاربونيل		CO	(0)	احادي المخلب
7 - كلورو	غير ضاغط	Cl^-	(−1)	احادي المخلب
8 - سيانو		CN^-	(−1)	احادي المخلب
9 - فلورو	غير ضاغط	F^-	(−1)	احادي المخلب
10 - هيدرازينوم		$NH_2-NH_3^+$	(+1)	احادي المخلب
11 - هيدروكسي	غير ضاغط	OH^-	(−1)	احادي المخلب
12 - يودو	غير ضاغط	I^-	(−1)	احادي المخلب
13 - مثيل امين		CH_3NH_2	(0)	احادي المخلب
14 - يوريا		$(NH_2)_2Co$	(0)	احادي المخلب
15 - نتريتو اوناتيرو		NO_2^-	(−1)	احادي المخلب
16 - نايتروسيل		NO	(0)	احادي المخلب
17 - بيريدين		C_5H_5N	(0)	احادي المخلب
18 - ثايو سياناتو		SCN^-	(−1)	احادي المخلب
19 - اركزالاتو		$C_2O_4^{-2}$	(−2)	ثنائي المخلب
20 - كاربونيتو		CO_3^{-2}	(−2)	ثنائي المخلب
21 - ثنائي مثيل كلايكوسماتو		dmg	(−1)	ثنائي المخلب
22 - اثلين ثنائي امين		en	(0)	ثنائي المخلب
23- نتراتو		NO_3^-	(−1)	ثنائي المخلب
24 - هيدرازين		NH_2-NH_2	(0)	ثنائي المخلب

تسمية المركبات التناسقية





ملاحظات

خارج اقواس مجال التناسق على اليمين ايون سالب وعلى اليسار ايون موجب الشحنة.

عند تسمية الايون السالب او الموجب لا نذكر عدد ذراته.

نبدأ التسمية من اليمين الى اليسار اي من جهة الايون السالب ثم الليكندات ثم الفلز المركزي ثم الايون الموجب ان وجد.

اذا وجدت شحنة على الاقواس سالبة او موجبة نبدأ التسمية بكلمة ايون.





القواعد المستخدمة في التسمية

1 نبدا بالأيون السالب قبل الايون الموجب ثم نسمي الليكندات ثم الفلز المركزي (الذرة المركزية).

2 عند تسميته الايون السالب X^- لا نذكر عدد ذراته حيث اذا كان Cl^- كلوريد واذا كان Cl_3^- ايضا يسمى كلوريد

امثلة على الايونات السالبة الشائعة

Cl^-	كلوريد	NO_3^-	نترات	NO_2	نتريت
Br^-	بروميد	SO_4^{-2}	كبريتات		
I^-	يوديد	CH_3COO^-	خلات		

3 بعد تسمية الايون السالب ندخل الى تسمية الليكندات ثم الفلز المركزي وفي حال وجود اكثر من ليكند تذكر التسمية حسب الترتيب للحروف في اللغة الانكليزية ولكن التسمية تكون في اللغة العربية.

4 اذا كان الليكند ايون سالب X^- فعند التسمية تنتهي بالحرف (و) مثل:

Cl^-	كلورو	CH_3COO^-	خلاتو	CO_3^{-2}	كاربونيتو
Br^-	برومو	SCN	ثايو سيانو	dmg	ثنائي مثيل كلايكو سيماتو
I^-	يودو	$C_2O_4^{-2}$	اوكزالاتو		
CN^-	سيانو	NO_3^-	نتراتو		

اما الليكندات الموجبة فانها نادرة وتنتهي بـ (يوم) (ium) ، والجزيئات المتعادلة فتسمى بأسمها دون تغيير عدا

H_2O (اكوا) ، NH_3 (امين)

5 تستعمل البادئات (ثنائي) ← 2 ، (ثلاثي) ← 3 ، (رباعي) ← 4

قبل اسماء الليكندات البسيطة مثل Br^- Cl^- NO_2^-

في حين تستعمل البادئات : (بس) ← 2 ، (ترس) ← 3

قبل اسماء الليكندات المعقدة مثل: (en) اثلين ثنائي امين ، (EDTA) اثلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك


ملازم ووزاريات
المتميز
@m1sades



[ ]⁻ [ ]⁺ او كلمة (ايون) بلفظة او موجبة تبدا التسمية سالبة او موجبة تبدا التسمية بلفظة او كلمة

6 اذا كانت الاقواس مرفوعة الى شحنة سالبة او موجبة تبدا التسمية بلفظة او كلمة (ايون) $[\ ]^{-}$ $[\ ]^{+}$ B فانه عند التسمية

7 اذا كان المعقد ايون سالب $[\ ]^{-}$ او يوجد على اليسار ايون موجب
ينتهي اسم الايون المركزي "الذرة المركزية" بالمقطع (ات) مثل:

كوبلت ← كوبلتات	Co	بلاتين ← بلاتينات	Pt
الكروم ← كرومات	Cr	النيكل ← نيكلات	Ni

لكن توجد هناك بعض الذرات المركزية الشاذة في التسمية مثل

الحديد ← فيرات	Fe	الرصاص ← بلمبات	Pb
الصوديوم ← نترومات	Na	الذهب ← اورومات	Au
النحاس ← كرات	Cu	الفضة ← ارجنات	Ag

اما في المعقدات المتعادلة والموجبة $[\ ]^{+}$ او التي يوجد ايون سالب على اليمين فيبقى اسم الفلز المركزي كما هو وتضيف له مقطع (ال).

8 يجب معرفة التكافؤ الاولي "حالة التأكسد" للفلز المركزي ويعبر عنه مباشرة بعد اسم الفلز في التسمية حيث اذا كان التكافؤ الاولي للفلز المركزي.

+1 ← (I)	+2 ← (II)	+3 ← (III)	+4 ← (IV)	+5 ← (V)
+6 ← (VI)	0 ← (0)	-1 ← (-1)	-2 ← (-2)	-3 ← (-3)

...... وهكذا للبقية

◆ اذا كان حالة التأكسد تساوي صفر فيكتب (0) بين قوسين

امثلة عامة

Cl_3 عدد تأكسده -3 لكن عندما يصعد على القوس $]^{+3}$ يصبح $+3$



$[Cr(NH_3)_6]Cl_3$



$Cr + (6 \times 0) = +3$

$\because Cr = +3 = (III)$

∴ كلوريد سداسي امين الكروم (III)



$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ — كلوريد رباعي اكوا ثنائي كلورو الكروم (III)



$[Co(en)_2Cl_2]_2SO_4$ — كبريتات ثنائي كلورو بس (اثيلين ثنائي امين) الكوبلت (III)



$[Ni(Co)_4]$ — رباعي كاربونيل نيكل (0)



$Ca_2[Fe(CN)_6]$ — سداسي سيانو فيرات (II) الكالسيوم



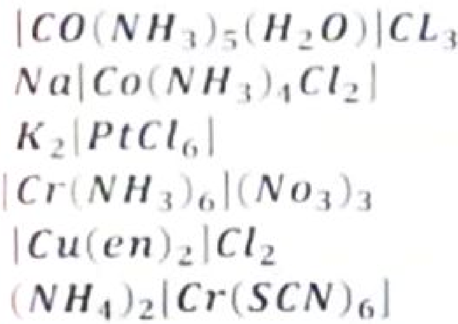
$[Fe(H_2O)_6]So_4$ — كبريتات سداسي اكو حديد (II)



$[Ni(dmg)_2]$ — بس (ثنائي مثيل كلايكوسيماتو) نيكل (II)

تمرين 5

سم المعقدات التالية



كلوريد اكوا خماسي امين الكوبلت (III) — $[CO(NH_3)_5(H_2O)]CL_3$

رباعي امين ثنائي كلورو كوبلتات (I) الصوديوم — $Na[Co(NH_3)_4Cl_2]$

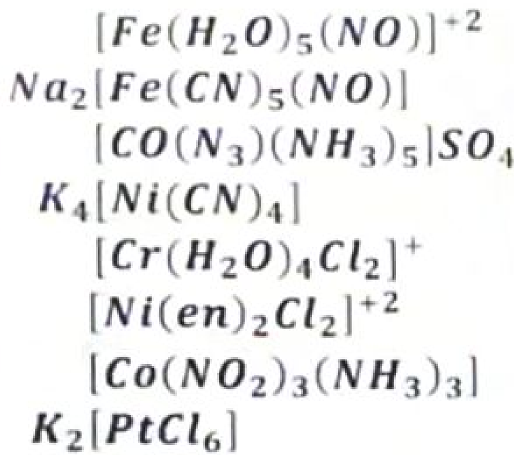
سداسي كلورو بلاتينات (IV) البوتاسيوم — $K_2[PtCl_6]$

نترات سداسي امين الكروم (III) — $[Cr(NH_3)_6](No_3)_3$

كلوريد بس (اثيلين ثنائي امين) النحاس (II) — $[Cu(en)_2]Cl_2$

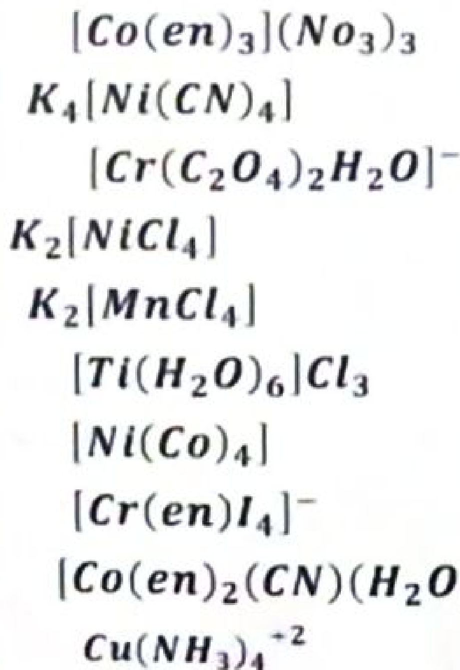
سداسي ثايو سيانو كرومات (IV) الامونيوم — $(NH_4)_2[Cr(SCN)_6]$

س6 سم المعقدات التناسقية التالية



1. ايون خماسي اكوا نايتروسيل الحديد (II) — $[Fe(H_2O)_5(NO)]^{+2}$
2. خماسي سيانو نايتروسيل فيرات (III) صوديوم — $Na_2[Fe(CN)_5(NO)]$
3. كبريتات خماسي ازيدو امين الكوبلت (III) — $[CO(N_3)(NH_3)_5]SO_4$
4. رباعي سيانو نيكلات (O) بوتاسيوم — $K_4[Ni(CN)_4]$
5. ايون رباعي اكوا ثنائي كلورو الكروم (III) — $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$
6. ايون ثنائي كلورو بس اثين ثنائي امين النيكل (IV) — $[Ni(en)_2Cl_2]^{+2}$
7. ثلاثي امين ثلاثي نايترو الكوبلت (III) — $[Co(NO_2)_3(NH_3)_3]$
8. سداسي كلورو بلاتينات (IV) البوتاسيوم — $K_2[PtCl_6]$

س7 اكتب الصيغ التركيبية للمركبات التناسقية الاتية:



أ- نترات ترس (اثيلين ثنائي امين) كوبلت (III) — $[Co(en)_3](No_3)_3$

ب- رباعي سيانو نيكلات (O) بوتاسيوم — $K_4[Ni(CN)_4]$

ج- ايون اكوا بس اوكزالاتو كرومات (III) — $[Cr(C_2O_4)_2H_2O]^-$

د- رباعي كلورو نيكلات (II) بوتاسيوم — $K_2[NiCl_4]$

هـ- رباعي كلورو منغنات (II) بوتاسيوم — $K_2[MnCl_4]$

و- كلوريد سداسي اكوا تيتانيوم (III) — $[Ti(H_2O)_6]Cl_3$

ز- رباعي كاربونيل نيكل (O) — $[Ni(Co)_4]$

ح- ايون (اثيلين ثنائي امين) رباعي يودو كرومات (III) — $[Cr(en)I_4]^-$

ط- ايون اكوا سيانو بس (اثيلين ثنائي الامين) الكوبلت (III) — $[Co(en)_2(CN)(H_2O)]^{+2}$

ي- ايون رباعي امين نحاس (II) — $Cu(NH_3)_4^{+2}$

س8 اذا كانت لديك المركبات التناسقية التالية تجد ما يلي

01 العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للكروم في كل مركب؟

02 العدد التناسقي للكروم في كل مركب؟

03 أسماء هذه المعقدات؟

1) 

العدد التأكسدي

$Cr+4\times0+2\times-1=+1+(2\times0)$

$Cr-2=+1$

$Cr=+3$

العدد التناسقي

$Cr=6$

اسم المركب

كلوريد رباعي اكو ثنائي كلورو الكروم المائي(III)

2) 

العدد التأكسدي

$Cr+6\times0=+3$

$Cr+0=+3$

$Cr=+3$

العدد التناسقي

$Cr=6$

اسم المركب

كلوريد سداسي اكو الكروم (III)

3) 

العدد التأكسدي

$Cr+(5\times0)+(1\times-1)=+2+(1\times0)$

$Cr-1=+2$

$Cr=+3$

العدد التناسقي

$Cr=6$

اسم المركب

كلوريد خماسي اكو كلورو الكروم (III) المائي

ملاحظة: اذا كان الماء H_2O خارج اقواس مجال التناسق في معقد معين، فعند التسمية تطلق عليه كلمة (المائي) وتوضع في نهاية الاسم كم في الامثلة المجاورة.

ملاحظة:

نظريات التآصر في المركبات التناسقية

هنالك عدة نظريات تستعمل في الوقت الحاضر لوصف طبيعة التآصر في المعقدات التناسقية هي:

1 نظرية آصرة التكافؤ (VBT)

2 نظرية المجال البلوري (CFT)

3 نظرية الاوربيتال الجزيئي (MOT)

1 نظرية آصرة التكافؤ (VBT)

وهي ذات علاقة وثيقة بالتهجين والشكل الهندسي للذرة المركزية ويعد تكوين المعقد حسب هذه النظرية تفاعلا بين قاعدة لويس (الليكند) وحامض لويس (الفلز) مع تكوين آصرة تناسقية بين الليكند والفلز.

ملاحظات مهمة جدا

1- اذا كان العدد الذري من (30---21) $X = [_{18}Ar]\ 3d\ \ 4s\ \ 4p$ اركون

2- اذا كان العدد الذري من (39---48) $X = [_{36}Kr]\ 4d\ \ 5s\ \ 5p$ كريبتون

3- اذا كان العدد الذري من (80---72) $X = [_{54}Xe]\ 4F\ \ 5d\ \ 6s\ \ 6p$ رادون

الليكندات الضعيفة (غير ضاغطة)		الليكندات القوية (ضاغطة)	
I	يوديد	CN	سيانيد
Br	بروميد	NH_3	امونيا
Cl	كلوريد	$NH_2-CH_2-CH_2-NH_2$	اثيلين ثنائي امين (en)
F	فلوريد	NO_2	نتريت
H_2O	ماء	CO	كاربونيل
OH	هيدروكسيد	C_5H_5N	بيريدين

غير ضاغط:

1l	1l	1l	1	1

1l	1l	1l	1	1

ضاغط:

1l	1l	1l	1	1

1l	1l	1l	1l	

ملاحظات حول الشكل الهندسي

1. اذا كان نوع التهجين SP خطي مستقيم.
2. اذا كان نوع التهجين SP^2 مثلث مستوي.
3. اذا كان نوع التهجين SP^3 رباعي الأوجه منتظم.
4. اذا كان نوع التهجين dSP^2 مربع مستوي

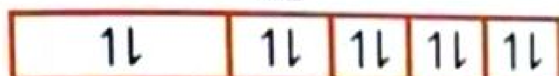
امثلة عن نظرية آصرة التكافؤ



$Ag = 47$

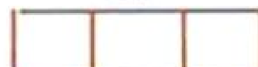






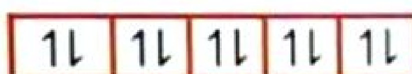






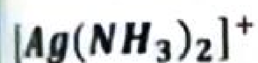






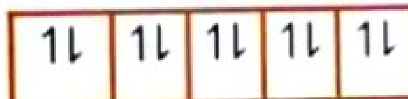


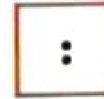






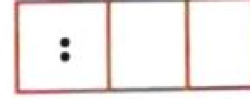




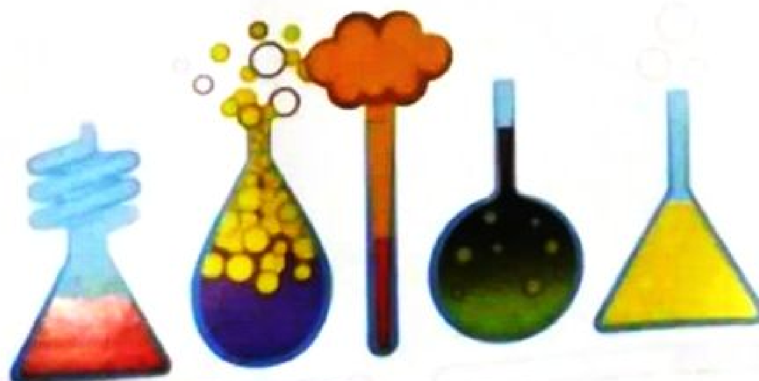






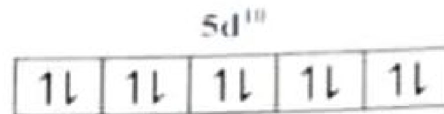


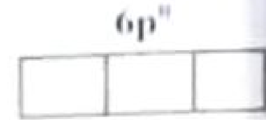
- اربعة الكترونات جائت من ليكندين.
- نوع التهجين SP.
- الشكل الهندسي خطي مستقيم.
- الصفة المغناطيسية (دايا مغناطيسية) "لعدم وجود الكترونات منفردة".

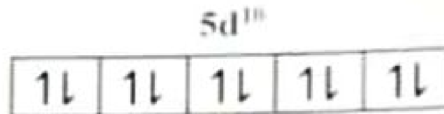


$[HgI_3]$ $Hg = 80$



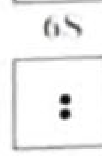
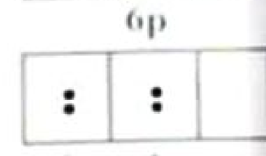







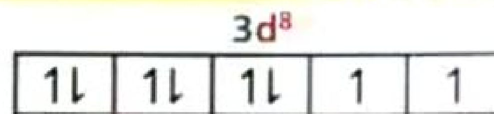


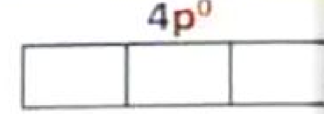



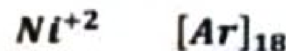
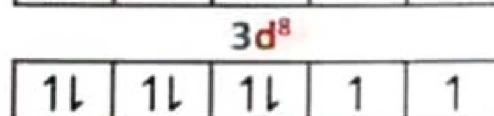
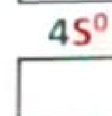
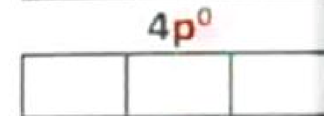
- ستة الكترونات جائت من ثلاثة ليكندات.
- نوع التهجين SP^2.
- الشكل مثلث مستوي.
- الصفة المغناطيسية دايا مغناطيسية " لعدم وجود الكترونات منفردة ".



$[Ni(Cl_4)]^{-2}$ $Ni = 28$








Cl Cl Cl Cl

- ثمانية الكترونات جائت من اربعة ليكندات.
- نوع التهجين SP^3.
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم.
- الصفة المغناطيسية بارا مغناطيسية (لوجود الكترونات منفردة).

ملاحظة

اذا كان العدد الذري للفلز المركزي 39 فما فوق سوف يكون الليكند ضاغط حتى لو كان ضعيف مثل.



[Cl , I , Br , H_2O , OH]

علل/ ... معقدات عناصر السلسلتين الانتقاليتين الاولى والثانية ذات شكل هندسي من ... dsp^2 مربع مستوي؟

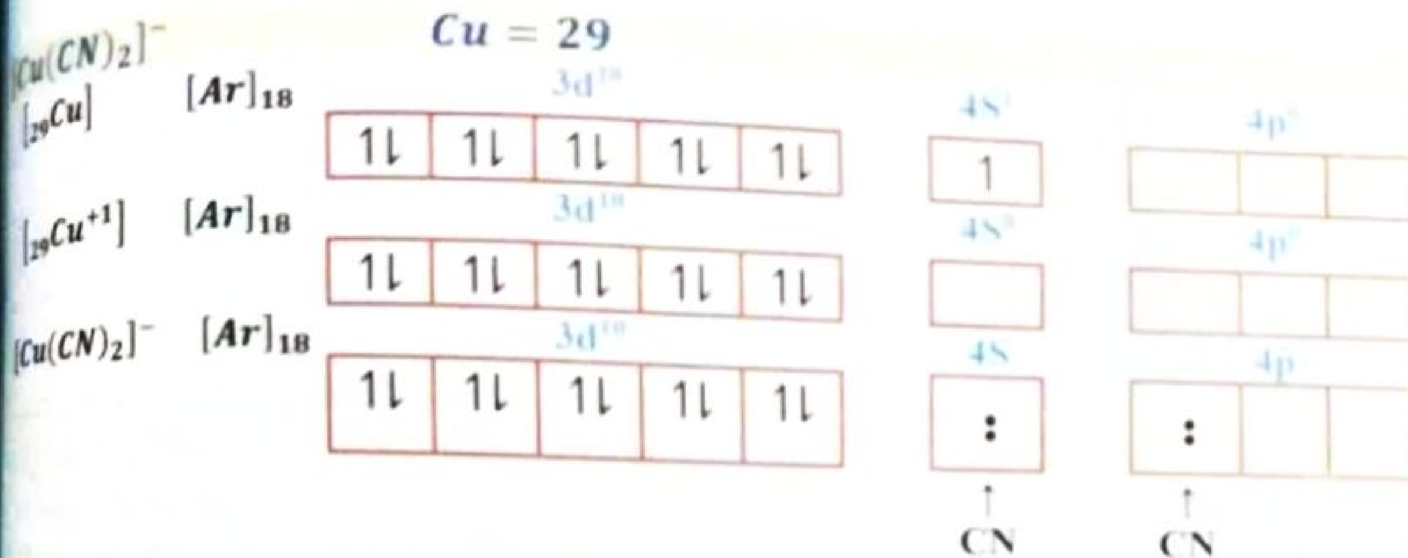
ج/ وذلك لان حجم الايون يكون كبير مقارنة مع حجم الايون في السلسلة الانتقالية الأولى.







اعتمادا على VBT بين توزيع الالكترونات الاتية من الليكندات للمعقد $[Cu(CN)_2]^-$ علما ان العدد الذري للنحاس = 29 ؟



نوع التهجين SP .

اربع الكترونات جائت من ليكندين $2(CN)$.

شكل الايون المعقد خطي .

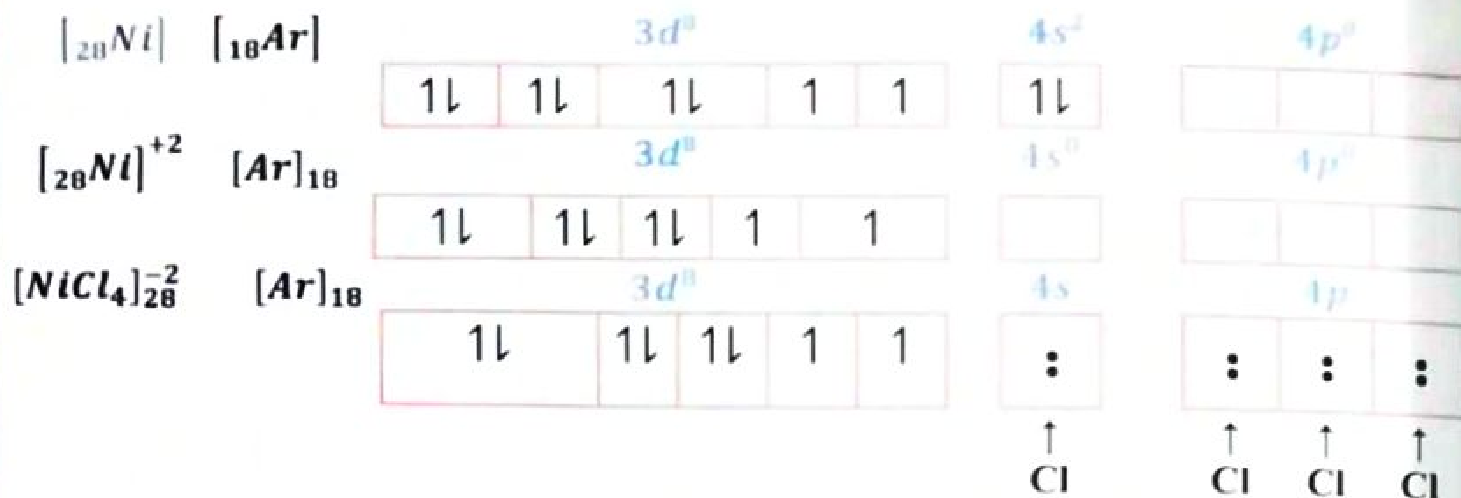


الصفات المغناطيسية دايا مغناطيسية.

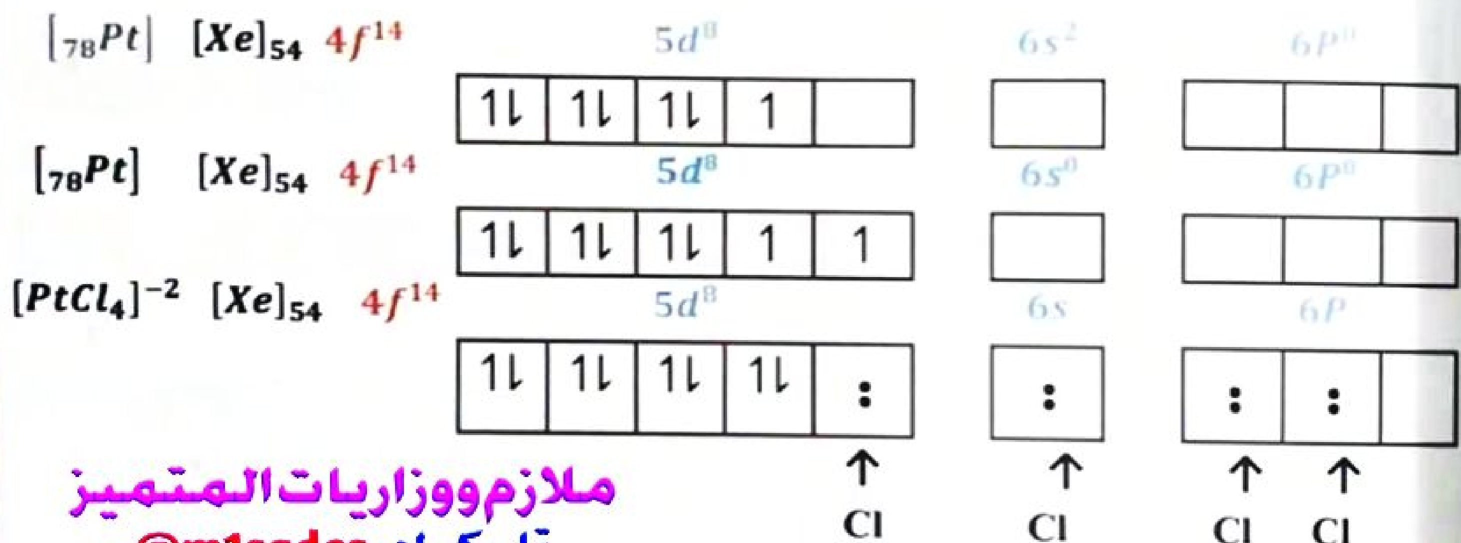




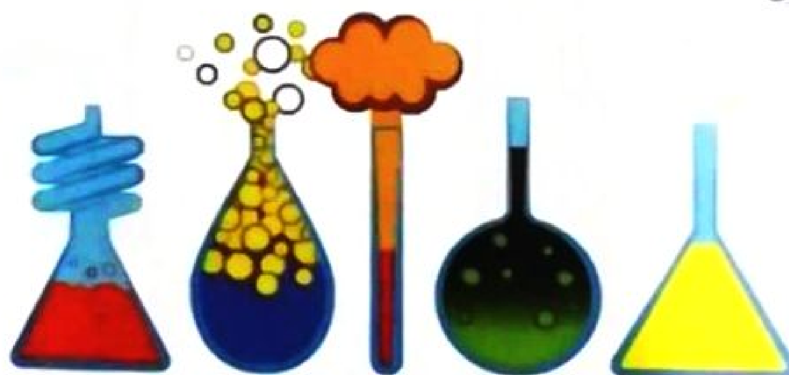
لماذا المعقد $[NiCl_4]^{-2}$ بارا مغناطيسي بينما المعقد $[PtCl_4]^{-2}$ دايا مغناطيسي وضح ذلك وفق نظرية اصرة التكافؤ علما ان $Ni = 28$ $Pt = 78$ ؟

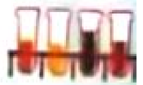


ان الصفة المغناطيسية لهذا المعقد هي **بارا مغناطيسية** لان الكلور غير ضاغط !



ان الصفة المغناطيسية للمعقد الثاني **دايا مغناطيسية** لان العدد الذري للبلاتين يجعل من الكلور ليكند ضاغط وهو يختلف عن المعقد الاول .





الزخم المغناطيسي $\mathcal{M}$

يمكن معرفة التهجين وبالتالي الشكل الهندسي للمركبات المعقدة وخاصة التي تكون ذراتها المركزية ذات عدد فردي من خلال حساب عدد الالكترونات المنفردة في مركبها المعقد ويتم ذلك من خلال معرفة الزخم المغناطيسي ($\mathcal{M}$) الناتج من برم الالكترونات على وفق المعادلة التالية :

$$\mathcal{M}(B.M) = [e(e+2)]^{\frac{1}{2}} = \sqrt{e(e+2)}$$

حيث ان

e : عدد الالكترونات المنفردة .	$B.M$: هي وحدة لقياس الزخم المغناطيسي تسمى بور مغنيتون .

ملاحظات مهمة

يفضل حفظ هذه الجذور :

$\sqrt{5} = 2.2$	$\sqrt{4} = 2$	$\sqrt{3} = 1.7$	$\sqrt{2} = 1.4$	$\sqrt{1} = 1$	$\sqrt{0} = 0$





مثال 5

لنفرض ان الكوبلت (II) المعقد $[Co(L)_4]^{+2}$ حيث ان L يمثل ليكند احادي المطلب اكتب تهجين هذا المعقد ثم جد الزخم المغناطيسي علما ان $Co = 27$ ؟

الحل :

اولا باعتبار الليكند L غير ضاغط

$[Co(L)_4]^{+2}$ $Co = 27$



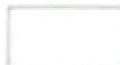








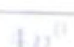
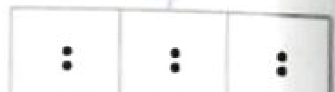










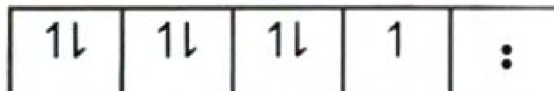
L L L L

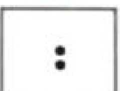
نوع التهجين SP^3

$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{e(e+2)}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{3(3+2)}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{15}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = 3.87\ B.M$

ثانيا باعتبار الليكند L غير ضاغط









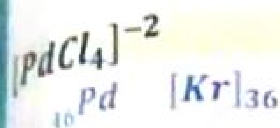
L L L L

نوع التهجين dsp^2

$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{e(e+2)}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{1(1+2)}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{3}$
$\mathcal{M}_{(B.M)} = 1.73\ B.M$

ملاحظة مهمة

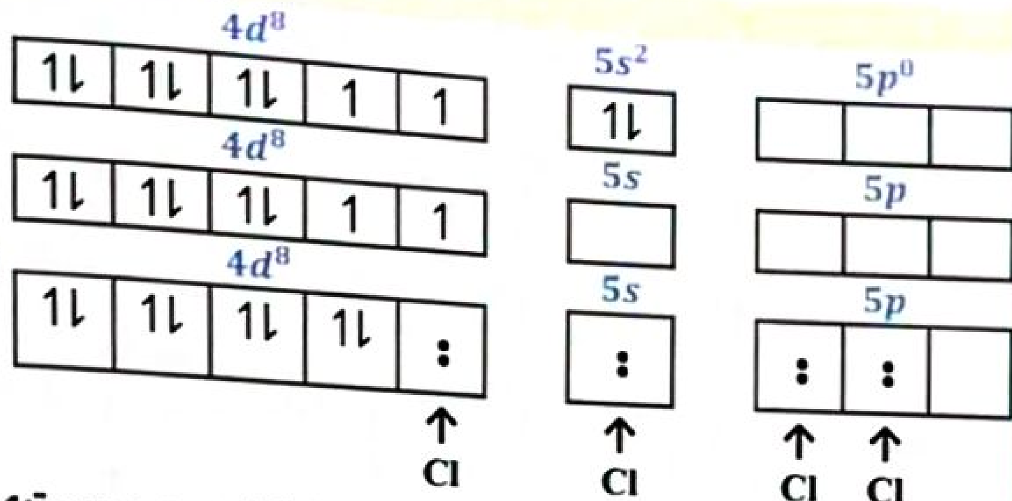
عندما تكون قيمة الزخم المغناطيسي $3.87\ B.M$ اذا نوع التهجين SP^3
او عندما تكون قيمة الزخم المغناطيسي $1.73\ B.M$ عندها سوف يكون التهجين dsp^2 .



• اعتمادا على نظرية آصرة التكافؤ VBT مانوع التهجين والشكل الهندسي والصفة المغناطيسية للمعقدين $[PdCl_4]^{-2}$ او $[Co(H_2O)_4]^{+2}$ ثم احسب (M) لكل منهما علما ان $Pd = 46$ $Co = 27$ ؟

$[PdCl_4]^{-2}$ $Pd = 46$





- نوع التهجين dsp^2 .
- الشكل الهندسي مربع مستوي .
- الصفة المغناطيسية دايا مغناطيسية "لعدم وجود الكترونات منفردة" .

$$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{e(e+2)} \rightarrow \mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{0(0+2)} \rightarrow \mathcal{M}_{(B.M)} = 0$$

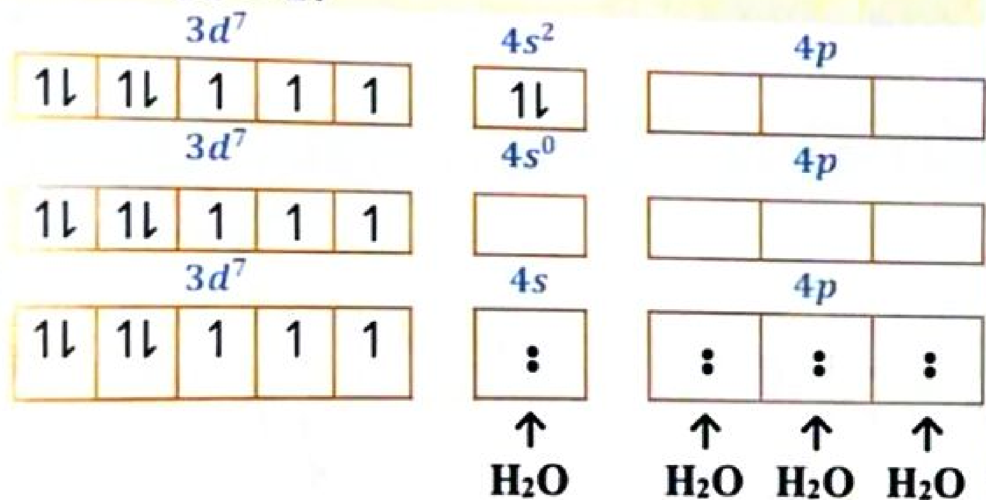
$[Co(H_2O)_4]^{+2}$ $Co = 27$









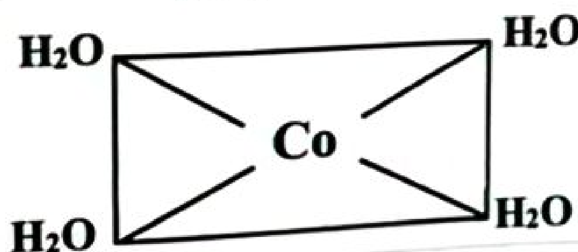


- نوع التهجين SP^3 .
- ثمان الكترونات جائت من اربع ليكندات $(H_2O)_4$.
- شكل المعقد الهندسي رباعي الاوجه منتظم.
- الصفة المغناطيسية بارا مغناطيسية.

الزخم المغناطيسي

$$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{e(e+2)}$$

$$\mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{3(3+2)} \rightarrow \mathcal{M}_{(B.M)} = \sqrt{15} \rightarrow \mathcal{M}_{(B.M)} = 3.87$$



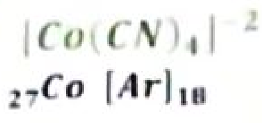
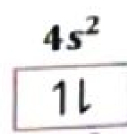
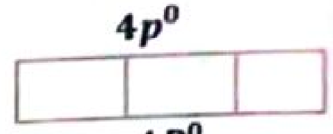
س10 اعتمادا على نظرية آصرة التكافؤ (VBT) اجب على الاسئلة التالية لكل من المركبات التناسقية الاتية:

01 ما نوع التهجين للذرة المركزية ؟

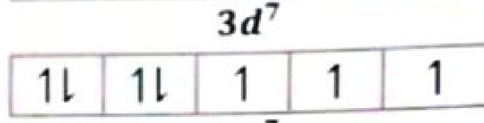
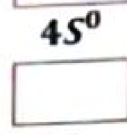
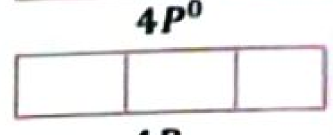
02 ما الشكل الهندسي للمعقد ؟

03 ما الصفة المغناطيسية للمعقد ؟

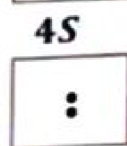
1 $[Co(CN)_4]^{-2}$ $Co = 27$

$_{27}Co\ [Ar]_{18}$    

	$3d^7$					$4s^2$	$4p^0$		
$_{27}Co\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1	1	1	1l			

	$3d^7$					$4S^0$	$4P^0$		
$_{27}Co^{+2}\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1	1	1				

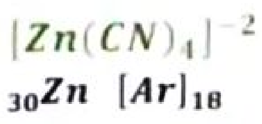
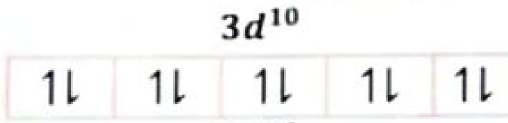
   

	$3d^7$					$4S$	$4P$		
$[Co(CN)_4]^{-2}\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1	1	:	:	:	:	
					↑ CN	↑ CN	↑ CN	↑ CN	

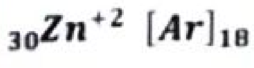
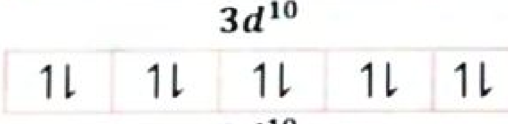
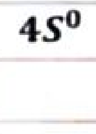
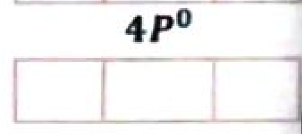
- نوع التهجين dSP^2.
- الشكل الهندسي مربع مستوي .
- الصفة المغناطيسية بارا مناطيسية " لوجود الكترونات منفردة " .

---

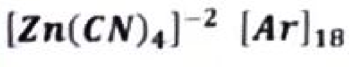
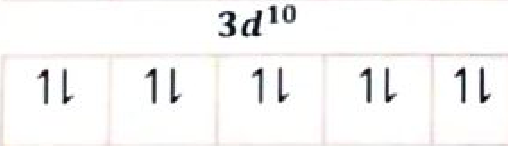
2 $[Zn(CN)_4]^{-2}$ $Zn = 30$

	$3d^{10}$					$4S^2$	$4p^0$		
$_{30}Zn\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1l	1l	1l	1l			

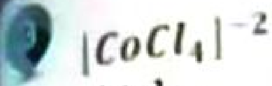
   

	$3d^{10}$					$4S^0$	$4P^0$		
$_{30}Zn^{+2}\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1l	1l	1l				

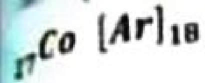
   

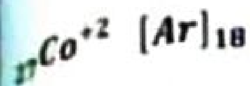
	$3d^{10}$					$4S$	$4P$		
$[Zn(CN)_4]^{-2}\ [Ar]_{18}$	1l	1l	1l	1l	1l	:	:	:	:
						↑ CN	↑ CN	↑ CN	↑ CN

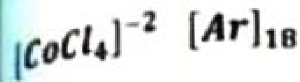
- نوع التهجين SP^3.
- الشكل الهندسي مربع مستوي .
- الصفة المغناطيسية دايا مناطيسية .

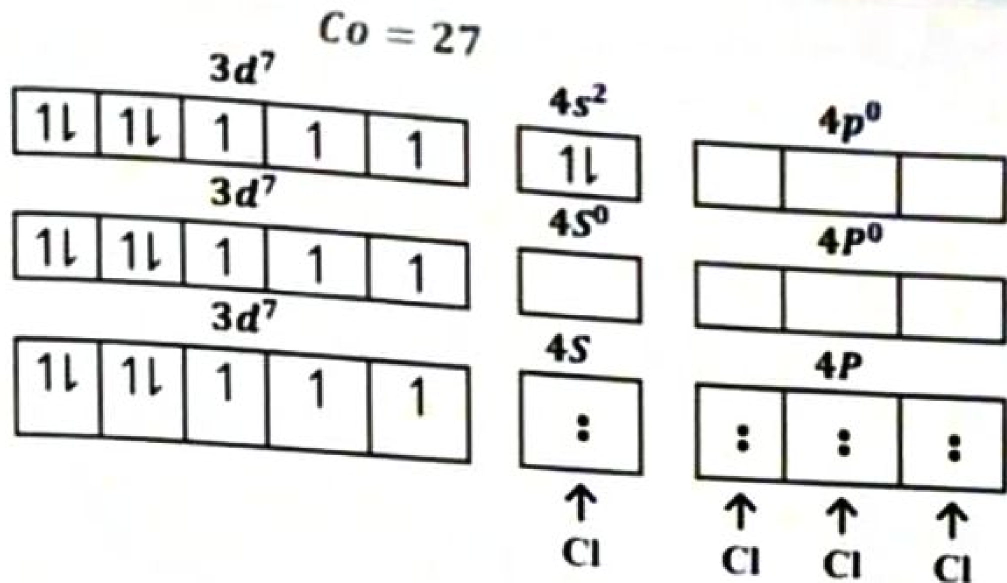


$Co = 27$







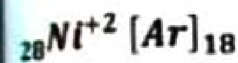


- نوع التهجين dSP^2.
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم.
- الصفة المغناطيسية بارا مناطيسية " لوجود الكترونات منفردة ".

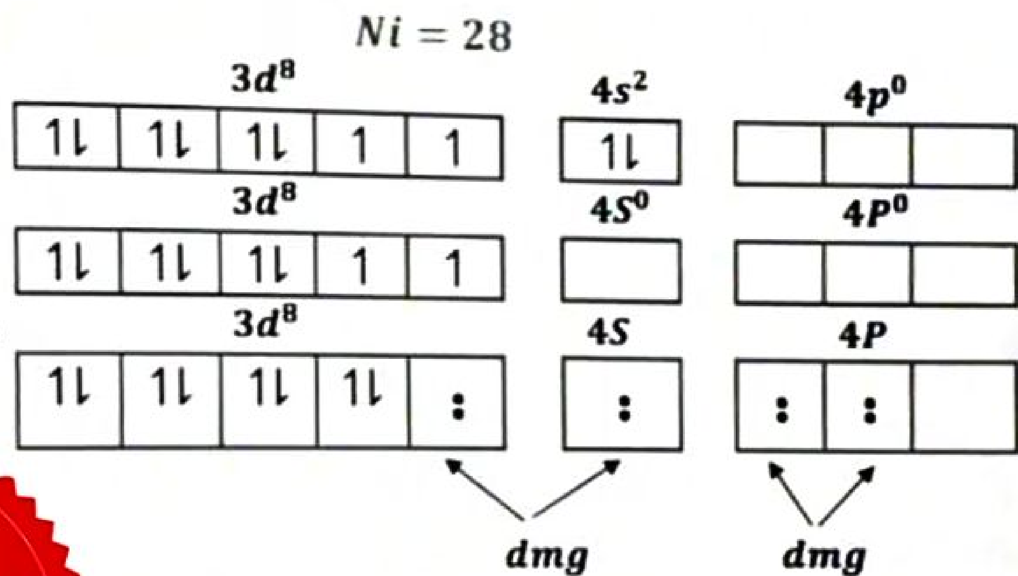


$Ni = 28$











- نوع التهجين dSP^2.
- الشكل الهندسي مربع مستوي.
- الصفة المغناطيسية دايا مناطيسية " لعدم وجود الكترونات منفردة ".

ملاحظة

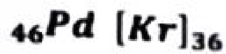
dmg ليكند ثنائي المخلب يمنح مزدوجين من الالكترونات اي اربع الكترونات.

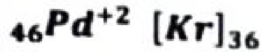
(dmg) "ثنائي مثل كلايكوسيماتو "

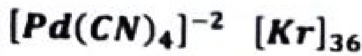
5

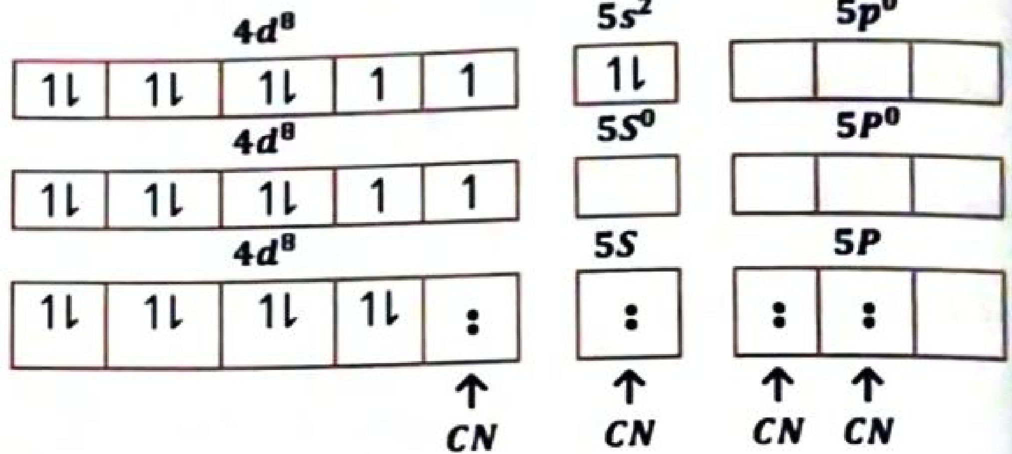

$[Pd(CN)_4]^{-2}$


$Pd = 46$


$_{46}Pd\ [Kr]_{36}$


$_{46}Pd^{+2}\ [Kr]_{36}$


$[Pd(CN)_4]^{-2}\ [Kr]_{36}$



- نوع التهجين dSP^2.

- الشكل الهندسي مربع مستوي .

- الصفة المغناطيسية دايا مناطيسية " لعدم وجود الكترونات منفردة ".

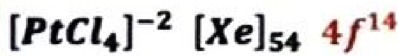
6

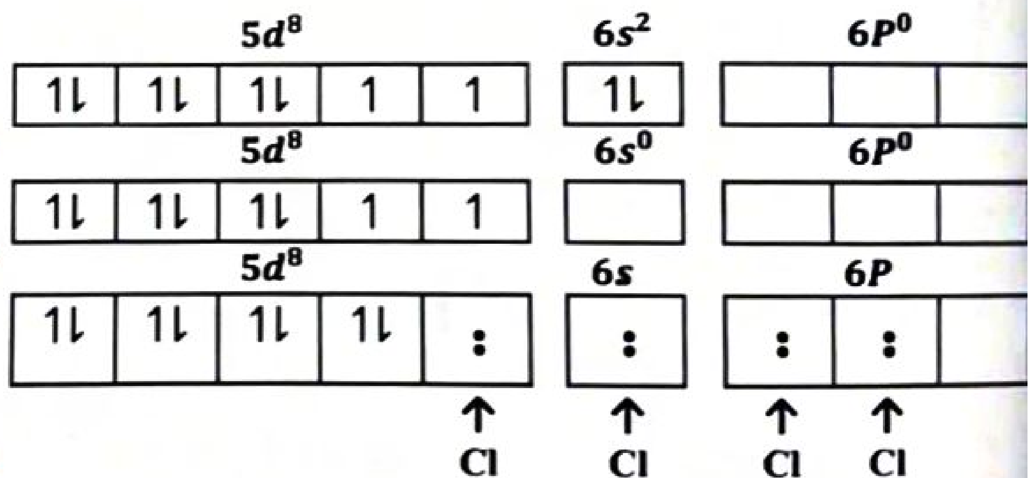

$[Pt\ Cl_4]^{-2}$


$Pt = 78$


$[_{78}Pt]\ [Xe]_{54}\ 4f^{14}$


$[_{78}Pt^{+2}]\ [Xe]_{54}\ 4f^{14}$


$[PtCl_4]^{-2}\ [Xe]_{54}\ 4f^{14}$



- نوع التهجين dSP^2.

- الشكل الهندسي مربع مستوي .

- الصفة المغناطيسية دايا مناطيسية " لعدم وجود الكترونات منفردة ".



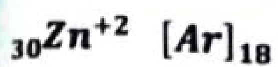
7



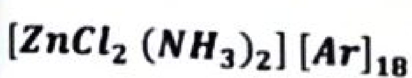
$[ZnCl_2\,(NH_3)_2]$ $Zn = 30$



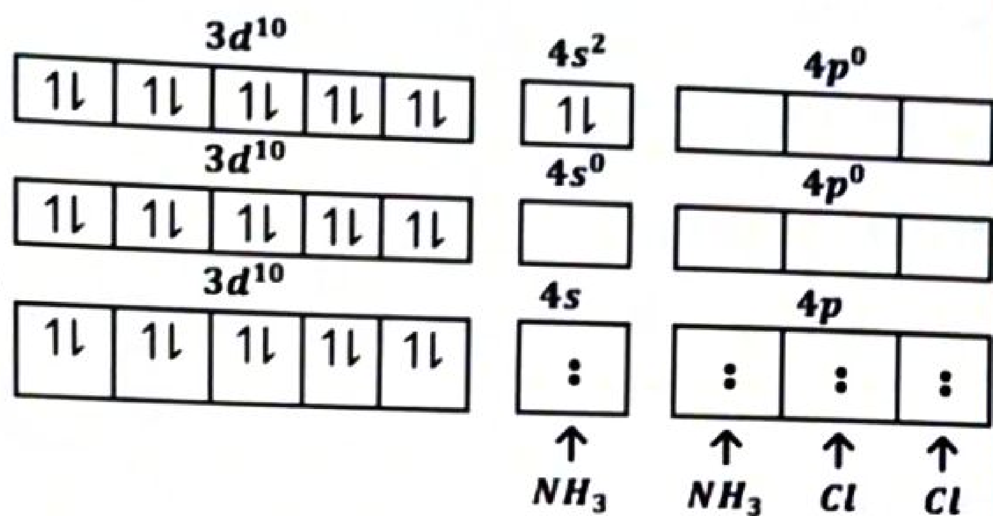
$_{30}Zn \quad [Ar]_{18}$



$_{30}Zn^{+2} \quad [Ar]_{18}$



$[ZnCl_2\,(NH_3)_2]\ [Ar]_{18}$



- نوع التهجين SP^3.

- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم .

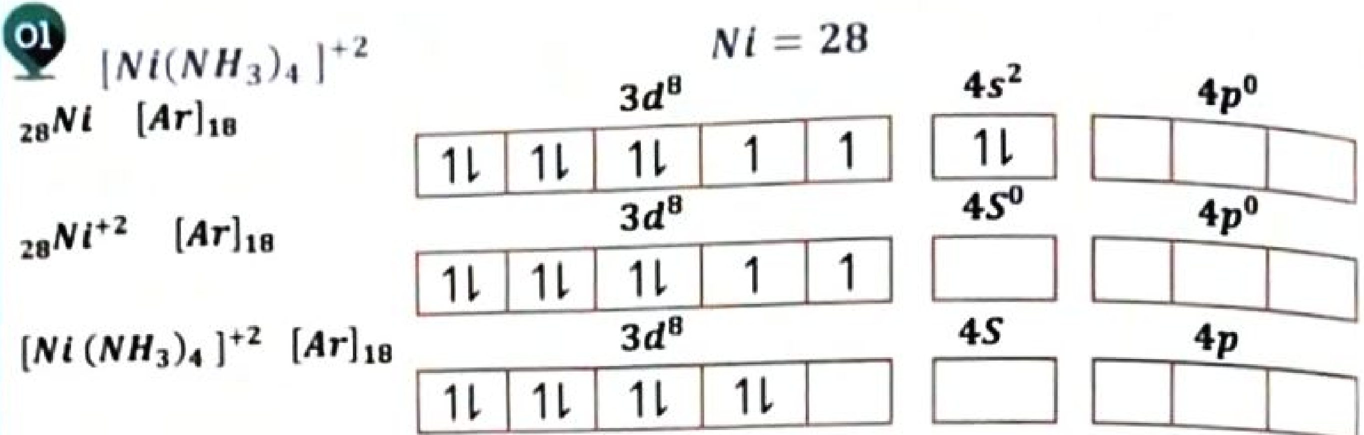
- الصفة المغناطيسية دايا مناطيسية" لعدم وجود الكترونات منفردة " .



س11 اعتمادا على نظرية اصرة التكافؤ (VBT) ما هو عدد الالكترونات المنفردة للمركبات التناسقية التالية وما قيمة (M) لكل منها:

01 $[Ni(NH_3)_4]^{+2}$

$Ni = 28$

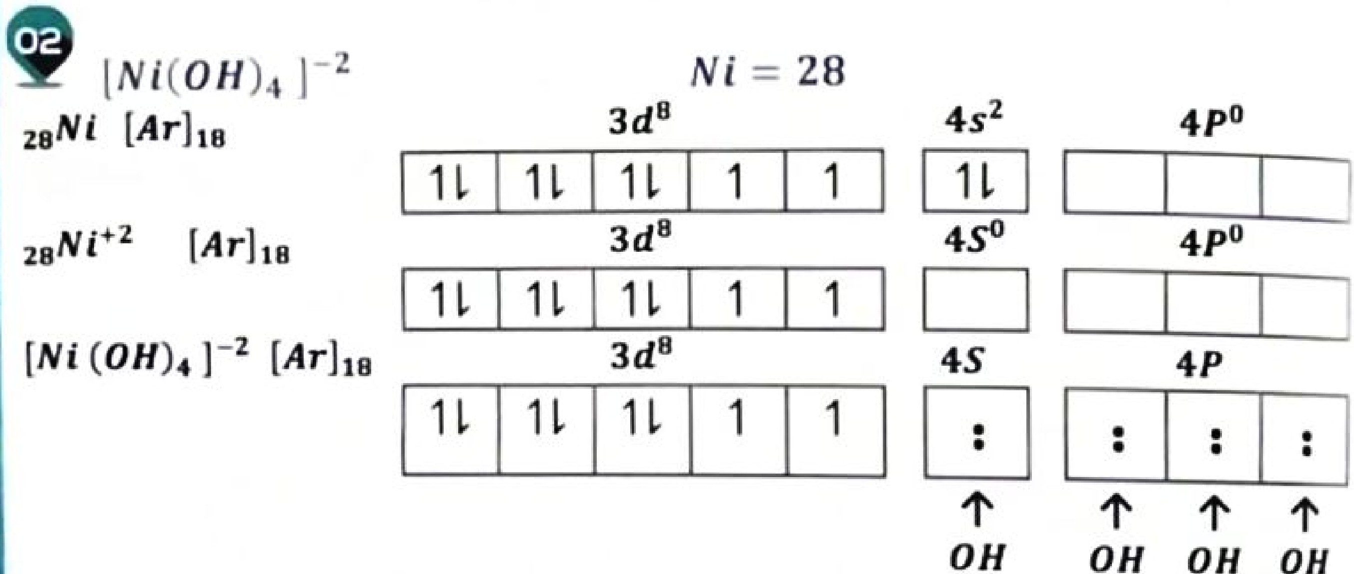


عدد الالكترونات المنفردة = صفر اذا نستخرج M

$$\mathcal{M}\,(B.M) = \sqrt{e(e+2)} \rightarrow \mathcal{M}\,(B.M) = \sqrt{0(0+2)} \rightarrow \mathcal{M}\,(B.M) = 0$$

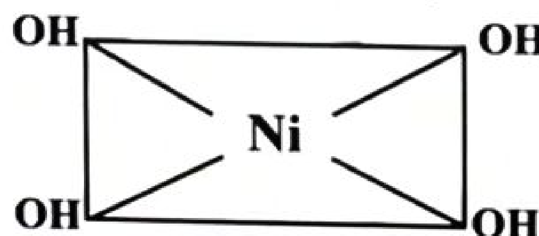
02 $[Ni(OH)_4]^{-2}$

$Ni = 28$



- نوع التهجين SP^3.
- ثمان ليكندات جاءت من اربع ليكندات $(OH)_4$.
- شكل ايون المعقد الهندسي رباعي الاوجه منتظم.

$$\mathcal{M}\,(B.M) = \sqrt{e(e+2)}$$
$$\mathcal{M}\,(B.M) = \sqrt{2(2+2)}$$
$$\mathcal{M}\,(B.M) = \sqrt{8} \rightarrow \mathcal{M}\,(B.M) = 2.82$$



س12 لنفرض ان للنيكل (II) في المعقد الايوني $[NiL_4]^{-2}$ الليكند (L) حيث يمثل ليكند احادي المخلب جد:

01 شحنة الليكند L ؟

02 التهجين للذرة المركزية في المعقد الايوني؟

03 الزخم المغناطيسي؟

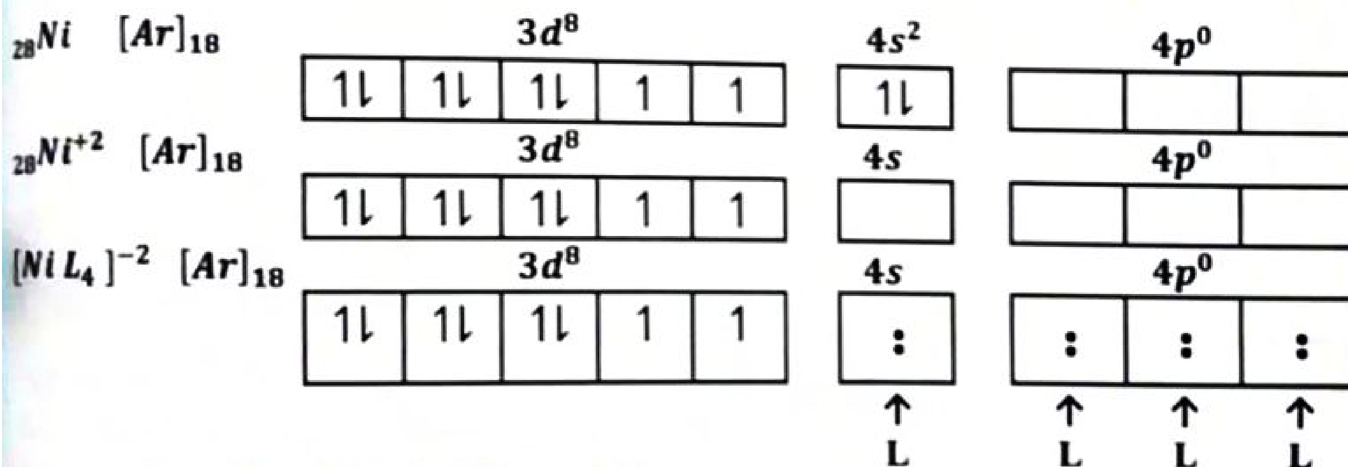
الحل:

01 نجد شحنة الليكند L $[Ni\,L_4]^{-2}$

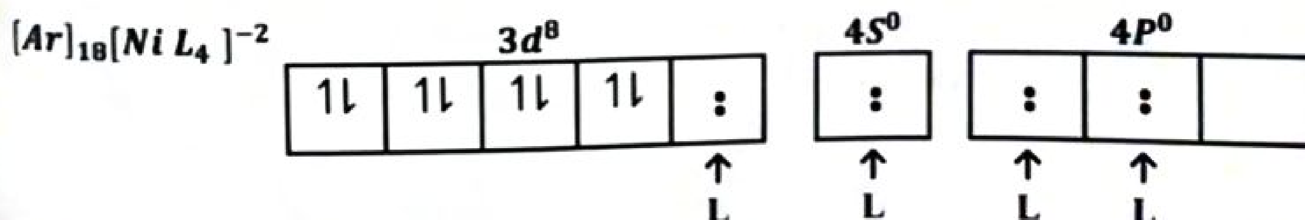
$$+2 + L_4 = -2$$
$$L_4 = -2 - 2$$
$$L_4 = -4 \quad \therefore L = \frac{-4}{4} = -1$$

02 التهجين للذرة المركزية

أ اعتبار L غير ضاغط



ب اعتبار L ضاغط



03 نجد الزخم المغناطيسي

في الحالة الاولى أ) عدد الالكترونات المنفردة = 2 اذا

$$\mathcal{M}(B.M) = \sqrt{e(e+2)} \rightarrow \mathcal{M}(B.M) = \sqrt{2(2+2)} \rightarrow \mathcal{M}(B.M) = 2.82$$

اما في الحالة الثانية ب) عدد الالكترونات المنفردة = صفر اذا

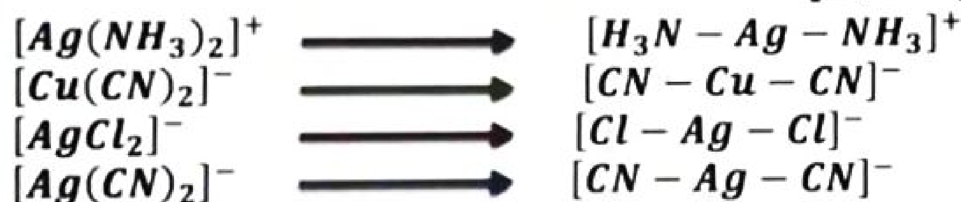
$$\mathcal{M}(B.M) = \sqrt{e(e+2)} \rightarrow \mathcal{M}(B.M) = \sqrt{0(0+2)} \rightarrow \mathcal{M}(B.M) = 0$$

ملاحظة/ في هذا السؤال الليكند (L) لا نعرف هل هو ضاغط ام غير ضاغط لذلك استخدمناه مرة ضاغط ومرة غير ضاغط



1 العدد التناسقي 2

(SP) وهو عدد نادر والمعقد $[Ag(NH_3)_2]^+$ من احسن الامثلة عليه ويمتلك التركيب الخطي $[H_3N-Ag-NH_3]^+$ ويكون شائعا في معقدات النحاس I و الفضة I والذهب I من الامثلة عليه



$[Ag(NH_3)_2]^+ \longrightarrow [H_3N-Ag-NH_3]^+$

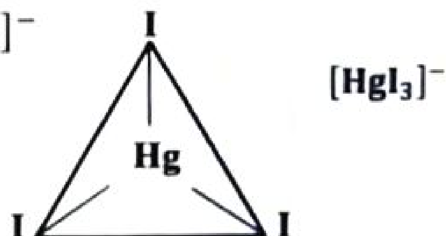
$[Cu(CN)_2]^- \longrightarrow [CN-Cu-CN]^-$

$[AgCl_2]^- \longrightarrow [Cl-Ag-Cl]^-$

$[Ag(CN)_2]^- \longrightarrow [CN-Ag-CN]^-$

2 العدد التناسقي 3

(SP^2)وهي معقدات نادرة ايضا ومن افضل الامثلة هو الايون السالب $[HgI_3]^-$ والشكل الهندسي المتوقع هو شكل المثلث المستوي



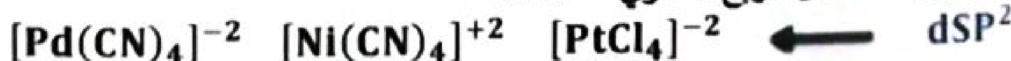
3 العدد التناسقي 4

وهو اكثر الاعداد التناسقية شيوعا حيث له اهمية كبيرة في الكيمياء التناسقية حيث ينتج له شكل رباعي الاوجه منتظم SP^3 ومن الامثلة عليه



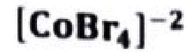
$SP^3 \longleftarrow [CoBr]^{-2} \quad [FeCl_4]^{-2} \quad [MnO_4]^{-2}$

او تكون ذات شكل مربع مستوي dSP^2

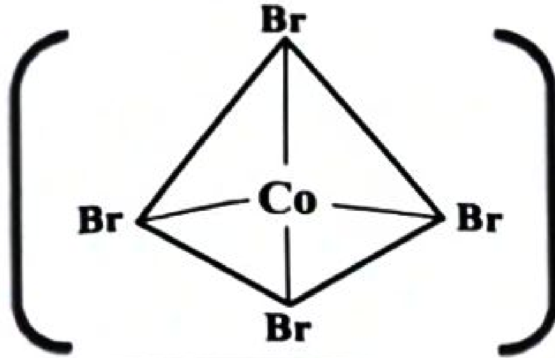


$dSP^2 \longleftarrow [PtCl_4]^{-2} \quad [Ni(CN)_4]^{+2} \quad [Pd(CN)_4]^{-2}$

امثلة عن الاشكال الهندسية

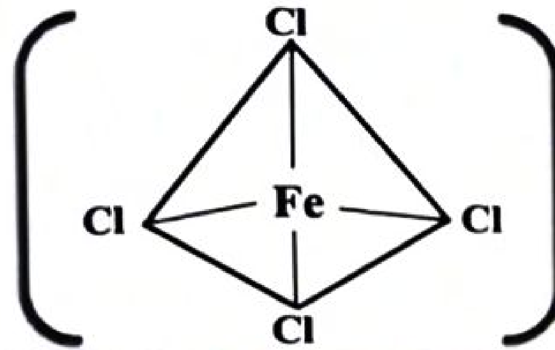

$[CoBr_4]^{-2}$

رباعي الاوجه منتظم



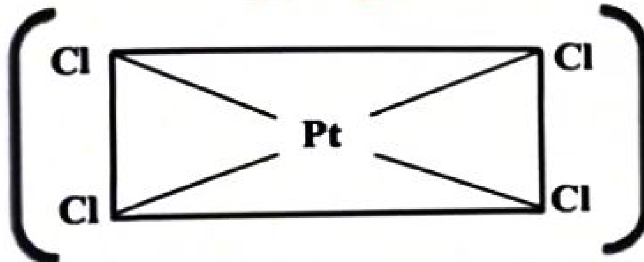

$[FeCl_4]^{-}$

رباعي الاوجه منتظم



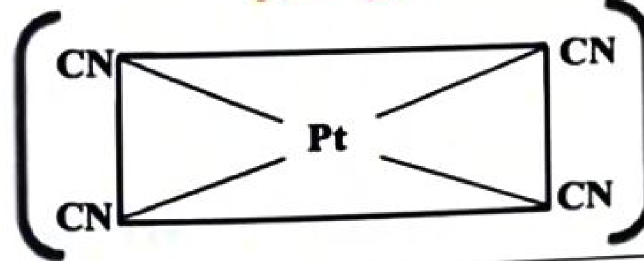

$[PtCl_4]^{-2}$

مربع مستوي



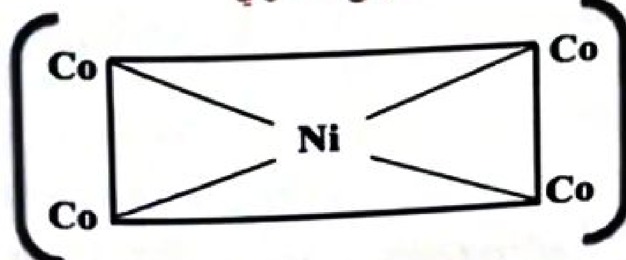

$[Pd(CN)_4]^{-2}$

مربع مستوي




$[NiCo_4]^{-2}$

مربع مستوي



س9 اختر الاجابة الصحيحة في كل مما يأتي



ان العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للكروم في الايون المعقد $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$ هو

أ- 3 ب- 1 جـ- 6 د- 5

$$Cr + (0 \times 4) + -2 = +1$$
$$Cr = +1 + 2 = +3$$
$$\therefore Cr = +3$$



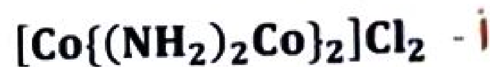
ان العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للبلاتين في الايون المعقد $[Pt(C_2H_4)Cl_3]^-$ هو

أ- 1 ب- 2 جـ- 3 د- 4

$$Pt + (+1 \times 1) + -3 = -1$$
$$Pt - 2 = -1$$
$$\therefore Pt = +1$$



ان الصيغة التركيبية للمركب (ثنائي كلورو بس (يوريا) نحاس (II)) هي

أ-  $[Co\{(NH_2)_2Co\}_2]Cl_2$

ب-  $[Cu\{(NH_2)_2Co\}Cl]Cl$

جـ-  $[CuCl_2\{(NH_2)_2Co\}_2]$

د- جميع الاجابات السابقة خطا



ان اسم المركب $[Pt(NH_3)_3Br(NO_2)Cl]Cl$ على وفق نظام IUPAC هو:

أ- كلوريد ثلاثي امين كلورو برومو نايتروبلاتين (IV)

ب- كلوريد ثلاثي امين كلورو برومو نايترو كلور بلاتين (IV)

جـ- كلوريد ثلاثي امين برومو كلورو نايتروبلاتين (IV)

د- كلوريد ثلاثي امين نايترو كلورو برومو بلاتين (IV)



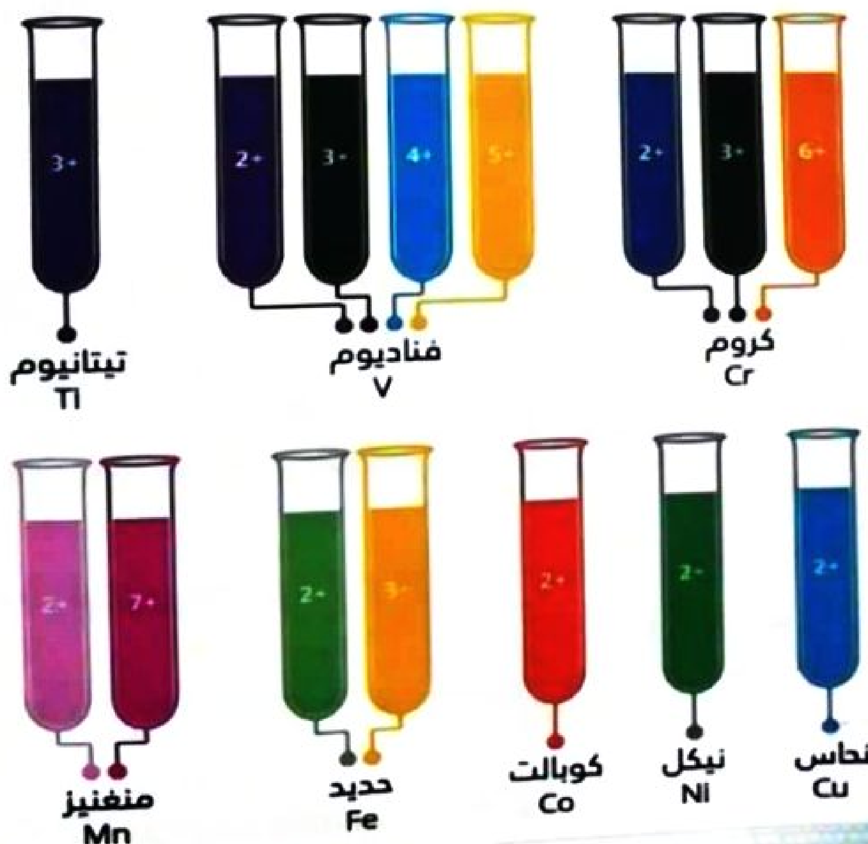




س 1 صفحة 2	س 2 صفحة 3	س 3 صفحة 3
س 4 صفحة 12	س 5 صفحة 6	س 6 صفحة 19
س 7 صفحة 19	س 8 صفحة 20	س 9 صفحة 37
س 10 صفحة 29	س 11 صفحة 33	س 12 صفحة 34
س 13 صفحة 8	انتهى	

((معلومة))

ألوان المعادن الأنتقالية



ملازم ووزاريات المتميز

ملزمة

مفتاح الكيمياء

الفصل السادس

للصف السادس الاحيائي

اعداد الاستاذ: حسين الهاشمي







الفصل السادس
طرائق التحليل الكيميائي

الكيمياء التحليلية

وهي فرع من فروع الكيمياء تهتم بدراسة المواد الكيميائية ومعرفة مكوناتها وكمية المكونات الموجودة فيها.

س ما هي تطبيقات الكيمياء التحليلية ؟

ج/ 1- عند دراسة تلوث الهواء تكون هناك ضرورة لقياس كميات الهيدروكاربونات المختلفة واكاسيد النيتروجين وغاز احادي اوكسيد الكاربون المنبعثة من عوادم السيارات.

2- المعرفة الدقيقة لمحتوى دم الانسان من كمية الكالسيوم المتأينة ضرورية لتشخيص الاصابة بمرض الغدة الدرقية المفرط.

3- في مجال الاغذية والصناعة والطب والزراعة.

س ما هي طرائق التحليل الكيميائي ؟

1- التحليل الوصفي.	2- التحليل الكمي.



نوعي

التحليل الوصفي

وهو التحليل الذي يهدف الى معرفة هوية مكون واحد او اكثر من مكونات المادة او مزيج من المواد او المحاليل ومعرفة الاسلوب الذي ترتبط به المكونات.

س كيف تتم عملية تشخيص المادة المراد تحليلها ؟

ج/ من خلال تحويلها عادة بمساعدة مادة اخرى معروفة التركيب تدعى الكاشف بواسطة تفاعل كيميائي الى مركب جديد ذو خواص معروفة ومميزة

س ما هي الخطوات التي يمكن اجرائها لعملية تحليل وصفي لمزيج مكون من مجموعة الايونات الموجبة الاكثر شيوعاً ؟

1- فصل الايونات بعضها عن البعض الاخر.

2- الكشف عن وجود كل ايون من عدمه من خلال اجراء عمليات كيميائية معروفة.

لأجل انجاز عمليات التحليل الوصفي بهذه الايونات تقسم عادة الى عدد من المجاميع تمتاز كل مجموعة منها بأن لها عاملاً مرسبا معينا تؤدي عملية اضافته للمحلول الذي يضم مزيج الايونات الى ترسيب مجموعة الايونات الخاصة بتلك المجموعة وبالتالي فصلها (بطريقة ترشيح الراسب الذي يحتويها) عن بقية الايونات الاخرى في المزيج ويتم اجراء عمليات الكشف عنها.



تقسم الايونات الموجبة الاكثر شيوعاً الى خمسة مجاميع تمتاز كل مجموعة بأن لها عامل مرسب خاص بها كما في الجدول الاتي:

تنجز عملية التحليل والفصل بالاضافة النظامية للعوامل المرسبة للمجاميع:

المجموعة	العامل المرسب للمجموعة	ايونات المجموعة	صيغة الراسب
I الاولى	حامض HCl المخفف	Ag^{+1} فضة Pb^{+2} رصاص Hg_2^{+2} زئبق	$AgCl$ $PbCl_2$ Hg_2Cl_2
II الثانية	كبريتيد الهيدروجين H_2S بوجود HCl المخفف	Hg^{+2} زئبق Cu^{+2} نحاس Bi^{+3} بزموث Cd^{+2} كاديوم Pb^{+2} رصاص As^{+3} ارسنيك Sb^{+3} انتيمون Sn^{+2} قصدير	HgS CuS Bi_2S_3 CdS PbS As_2S_3 Sb_2S_3 SnS
III الثالثة A)	هيدروكسيد NH_4OH الامونيوم NH_4Cl كلوريد الامونيوم	Al^{+3} الالمنيوم Cr^{+3} كروم Fe^{+3} حديد	$Al(OH)_3$ $Cr(OH)_3$ $Fe(OH)_3$
III الثالثة B)	كبريتيد الهيدروجين بوجود NH_4OH هيدروكسيد الامونيوم NH_4Cl كلوريد الامونيوم	Ni^{+2} نيكل Zn^{+2} خارصين Co^{+2} كوبلت Mn^{+2} منغنيز	NiS ZnS CoS MnS
IV الرابعة	$(NH_4)_2Co_3$ بوجود NH_4OH هيدروكسيد الامونيوم NH_4Cl كلوريد الامونيوم	Ca^{+2} كالسيوم Ba^{+2} باريوم Sr^{+2} سترونيوم	$CaCo_3$ $BaCo_3$ $SrCo_3$
V الخامسة	تبقى في المحلول النهائي بدون ترسيب	Mg^{+2} مغنيسيوم Na^{+} صوديوم K^{+} بوتاسيوم NH_4^{+} امونيوم	

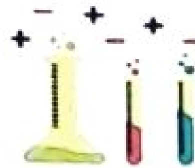
علل/ يصنف ايون الرصاص ضمن المجموعتين الأولى والثانية I و II ؟

ج/ وذلك لأن ذوبانية كلوريد الرصاص تكون كبيرة نسبياً مما يسبب في بعض الأحيان عدم ترسبه بشكل تام عند اضافة حامض HCl المخفف.





كيفية فصل ايونات المجاميع الخمسة



بالاضافة النظامية للعوامل المرسبة للمجاميع (اي حسب الترتيب) ابتداءاً من المجموعة الاولى I حتى الرابعة (IV) .

1. يضاف حامض HCl المخفف الى مزيج الايونات حيث يتم ترسيب ايونات المجموعة الاولى $(Ag^{+1}, Pb^{+2}, Hg_2^{+2})$ من محلول المزيج على هيئة راسب لكلوريدات العناصر ويتم فصلها بعملية الترشيح .

2. يمرر غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S على الراشح الذي يحتوي ايونات المجاميع الاخرى لترسيب وفصل ايونات المجموعة الثانية $(Hg^{+2}, Cu^{+2}, Bi^{+3}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Sn^{+2}, As^{+3}, Sb^{+3})$ حيث يتم فصلها بعملية الترشيح .

3. يضاف محلول لمزيج NH_4Cl , NH_4OH كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم الى الراشح الناتج لترسيب وفصل ايونات المجموعة (A III) على شكل راسب لهيدروكسيدات هذه الفلزات ويتم فصلها بالترشيح .

4. يمرر غاز H_2S كبريتيد الهيدروجين بوجود NH_4Cl , NH_4OH لفصل ايونات المجموعة الثالثة (B III) على هيئة كبريتات ويتم فصلها بالترشيح .

5. يضاف $(NH_4)_2Co_3$ كاربونات الامونيوم بوجود NH_4Cl , NH_4OH لترسيب وفصل ايونات المجموعة الرابعة (I V) ويتم فصلها بالترشيح .

6. ان الراشح المتبقي يكون حاوي على ايونات $NH_4^+, Na^+, K^+, Mg^{+2}$ تبقى هذه الايونات في المحلول بدون ترسيب وذلك لان ليس لها عامل مرسب .

كليشة ثابتة لكل اسئلة فصل الايونات

يتم تحديد الايونات "كل ايون من اي مجموعة" ثم تكتب

(لذلك يمكن الفصل بين هذه الايونات حسب الاضافة النظامية للعوامل المرسبة لهذه المجاميع وكالاتي)

تكتب هذه العبارة لكل الايونات ما عدى الايون الاخير

يضاف العامل للرسب للمجموعة (——) الذي هو (——) حيث سيتفاعل مع ايون (——) ويرسبه على هيئة (——) ويفصل عن باقي الايونات بالترشيح .

- اما بالنسبة للأيون الأخير :

1- اذا كان من المجاميع (الثانية والثالثة والرابعة) تكتب العبارة (يبقى ايون (——) لوحده في المحلول ثم يضاف العامل المرسب (——) فيتكون الراسب على هيئة (——) .

2- اذا كان الايون الاخير من المجموعة الخامسة (V) فتكتب العبارة "بالنسبة للايون (———) يبقى في المحلول النهائي بدون ترسيب

مثال 1 كيف يمكن الفصل بين ايونات الفضة والكاديميوم والحديد (III) ؟

الحل: بما ان ايون الفضة Ag^{+1} من المجموعة الاولى وايون الكاديميوم من المجموعة الثانية وايون الحديد III ضمن المجموعة الثالثة A .
لذلك يمكن الفصل بين هذه الايونات حسب الاضافة النظامية للعوامل المرسبة لهذه المجاميع وكالاتي:

1- يضاف العامل المرسب للمجموعة (الاولى) الذي هو (حامض HCl المخفف) فيتفاعل مع ايون (Ag^{+1}) ويرسبه على هيئة (AgCl) ويفصل عن باقي الايونات بالترشيح .

2- يضاف العامل المرسب للمجموعة (الثانية) الذي هو (غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S بوجود HCl المخفف) سيتفاعل مع ايون Cd^{+2} ويرسبه على هيئة (CdS) ويفصل عن باقي الايونات بالترشيح.

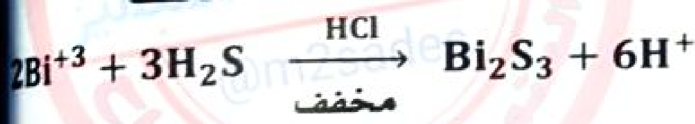
3- يبقى ايون (الحديد) لوحده في المحلول ويضاف اليه العامل المرسب NH_4Cl , NH_4OH (هيدروكسيد الامونيوم و كلوريد الامونيوم) فيتكون راسب على هيئة $Fe(OH)_3$.



اكمل المعادلات الاتية



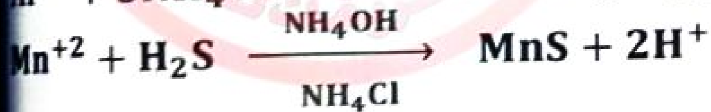
$$Hg_2^{+2} + 2HCl \xrightarrow[\text{مخفف}]{} Hg_2Cl_2 + 2H^+$$



$$2Bi^{+3} + 3H_2S \xrightarrow[\text{مخفف}]{HCl} Bi_2S_3 + 6H^+$$



$$Al^{+3} + 3NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} Al(OH)_3 + 3NH_4$$



$$Mn^{+2} + H_2S \xrightarrow[NH_4Cl]{NH_4OH} MnS + 2H^+$$

س 1 كيف يتم الفصل بين الايونات الموجبة الاكثر شيوعا؟

ج/ وذلك بالاضافة النضامية للعوامل المرسبة حسب التسلسل من المجموعة الاولى وحتى الرابعة حيث يتم فصلها بالترشيح على شكل رواسب.

س 2 عدد الايونات الموجبة المصنفة ضمن المجموعة الثانية مع ذكر العامل المرسب لها ثم بين كيف يتم فصل ايون النحاس عن ايون الحديديك عند وجودهما في نفس المحلول؟

ج/ ايونات المجموعة الثانية:

Hg^{+2} ايون الزئبق	Cd^{+2} ايون الكادميوم
Cu^{+2} ايون النحاس	Sn^{+2} ايون القصدير
Pb^{+2} ايون الرصاص	As^{+3} ايون الزرنيخ - ايون الارسنيك
Bi^{+3} ايون البزموث	Sb^{+3} ايون الانتيمون

العامل المرسب لها هو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S المحمض بحامض HCl حيث يمرر على المحلول فيرسبها على شكل كبريتيدات.

- يتم فصل ايون Cu^{+2} عن ايون Fe^{+3} بامرار غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S على المحلول المحمض لهذه الايونين بحامض HCl حيث يترسب النحاس على هيئة CuS ويفصل بالترشيح اما بالنسبة لايون الحديديك فيضاف له العامل المرسب NH_4Cl , NH_4OH فيترسب على هيئة $Fe(OH)_3$ ويفصل عن المحلول بالترشيح .

س4 / كيف يمكن الفصل بين أيوني Hg_2^{+2} و Hg^{+2} ؟

بما ان ايون Hg_2^{+2} من المجموعة الاولى وايون Hg^{+2} ضمن المجموعة الثانية لذلك يمكن الفصل بينهم حسب الاضافة النظامية للعوامل المرسبة حسب المجاميع وكالآتي :

- يضاف العامل المرسب للمجموعة الاولى الذي هو (حامض HCl المخفف) حيث يتفاعل مع أيون Hg_2^{+2} ويرسبه على هيئة Hg_2Cl_2 ويفصل عن المحلول بالترشيح



$$Hg_2^{+2} + 2HCl \longrightarrow Hg_2Cl_2 + 2H^+$$

- أما بالنسبة لايون Hg^{+2} فيبقى وحده في المحلول يضاف له العامل المرسب (غاز H_2S المحمض بحامض HCl المخفف) حيث يترسب على هيئة HgS ويفصل عن المحلول بالترشيح.



$$Hg^{+2} + H_2S \longrightarrow HgS + 2H$$

س5 / أكمل الفراغات الاتية:

1- أيون Cr^{+3} يصنف ضمن الايونات الموجبة للمجموعة الثالثة ويترسب عند اضافة NH_4OH هيدروكسيد الامونيوم بوجود NH_4Cl كلوريد الامونيوم .

2- العامل المرسب للايونات الموجبة في المجموعة الرابعة هو $(NH_4)_2CO_3$ كاربونات الامونيوم بوجود العوامل المساعدة NH_4Cl كلوريد الامونيوم و NH_4OH هيدروكسيد الامونيوم .

تجربة عملية لفصل وتحليل أيونات المجموعة الاولى

يتم فصل أيونات المجموعة الاولى وذلك بأضافة حامض HCl المخفف وترسيبها على شكل كلوريدات $(PbCl_2 - Hg_2Cl_2 - AgCl)$ يتم الكشف عن كل ايون على وفق الاسس التالية :

1- يضاف ماء مغلي فيذيب راسب $PbCl_2$ بينما لا يتاثر راسب Hg_2Cl_2 و AgCl فيتم ازالة $PbCl_2$ عن المحلول وفصله بعملية الترشيح .

يتم الكشف عن وجود الرصاص باضافة محلول كاشف كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 ليكون راسب أصفر من كرومات الرصاص $PbCrO_4$ حسب المعادلة:



$$PbCl_2 + K_2CrO_4 \longrightarrow PbCrO_4 \downarrow + 2KCl$$

راسب اصفر

2- المحلول الان يحتوي على (AgCl و Hg_2Cl_2) فيضاف محلول الامونيا (NH_3) حيث يذوب كلوريد الفضة AgCl في محلول الامونيا المخفف لينتج مركب معقد ذائب هو كلوريد الفضة الامونياكي $Ag(NH_3)_2Cl$ يتم فصله بالترشيح.



$$AgCl + 2NH_3 \longrightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$$

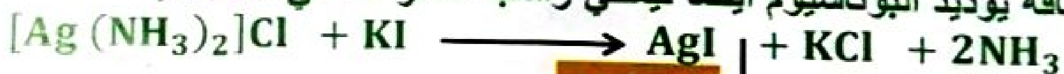
يتم التأكد من وجود الفضة باضافة حامض النتريك المخفف HNO_3 ليعطي راسب أبيض كما في المعادلة.



$$[Ag(NH_3)_2]Cl + 2HNO_3 \longrightarrow AgCl \downarrow + 2NH_4NO_3$$

راسب أبيض

ويتم اضافة يوديد البوتاسيوم أيضا ليعطي راسب أصفر كما في المعادلة.



$$[Ag(NH_3)_2]Cl + KI \longrightarrow AgI \downarrow + KCl + 2NH_3$$

راسب أصفر

3- يبقى في المحلول كلوريد الزئبق Hg_2Cl_2 حيث يتفاعل مع محلول الامونيا المضاف سابقاً ليتحول الى مزيج غير ذائب ذي لون أسود دلالة على وجود الزئبق حسب المعادلة:



$$Hg_2Cl_2 + 2NH_3 \longrightarrow Hg(NH_2)Cl \downarrow + Hg \downarrow + NH_4Cl$$

راسب أبيض — راسب أسود

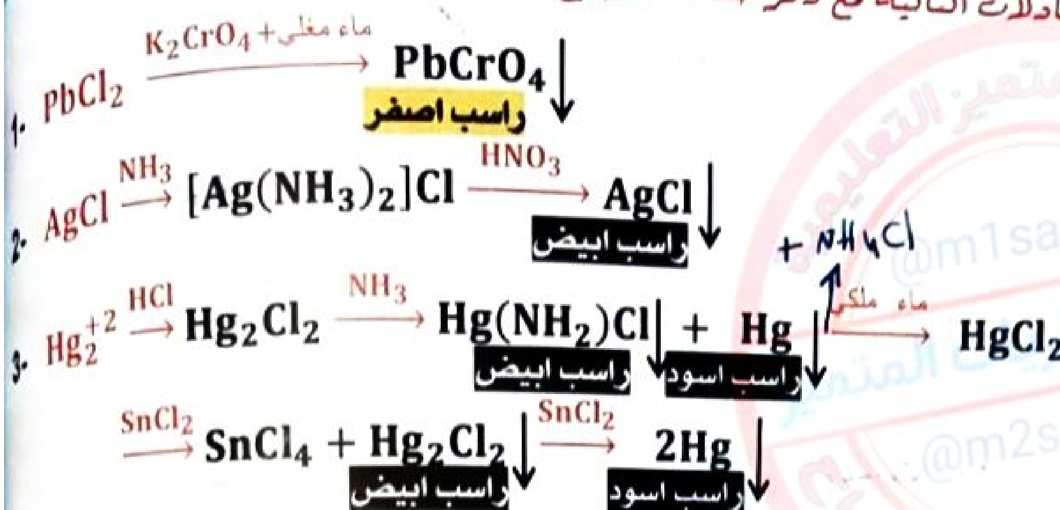
ثم يضاف الماء الملكي $(3HCl + HNO_3)$ اليه ليتحول الى ملح ذائب $(HgCl_2)$ يمكن الكشف عن وجود الزئبق باضافة محلول كلوريد القصدير (II) $SnCl_2$ الذي يحول المحلول الى راسب ابيض ثم يتحول الى راسب اسود بالتدريج حسب المعادلات



$$2HgCl_2 + SnCl_2 \longrightarrow SnCl_4 + Hg_2Cl_2 \downarrow$$ راسب ابيض

$$Hg_2Cl_2 + SnCl_2 \longrightarrow SnCl_4 + 2Hg \downarrow$$ راسب اسود

س3 اكمل المعادلات التالية مع ذكر صفات النواتج :



التحليل الكمي

وهو عملية تهدف الى الحصول على معلومات تخص كمية المكون (المادة المراد تحليلها) في كمية معينة من النموذج ومثال على ذلك تعيين النسبة المئوية للحديد في نموذج صخري.

س كيف يتم التعبير عن التحليل الكمي؟

ج/ يتم التعبير بدلالة كتلة او حجم المكون المراد قياسه المتواجد في حجم معين من النموذج او بدلالة الكسر المولي.

س كيف يتم التعبير عن نتيجة التحليل الكمي؟

س ماهي العمليات التي يقوم بها التحليل الكمي؟

ج/ وذلك بأجراء عمليتي قياس:

الاولى: تتعلق بكمية النموذج قيد الدراسة.	**الثانية:** تخص كمية المكون المراد قياسه والذي يحتويه النموذج.

س ماهي الكميات التي يتم قياسها في اثناء عملية التحليل الكمي؟

1- الكتلة.	2- الحجم.	3- الشدة اللونية.
4- الامتصاصية.	5- كمية الكهربائية.	

او اي صفة كيميائية او فيزيائية متعلقة بكمية المادة.

س ماهي الخطوات التي تسبق عملية التحليل الكمي؟

1. طريقة النمذجة: ويقصد بها الحصول على النموذج بشكل صحيح.
2. اعداد النموذج للتحليل: ويشمل عمليات الطحن والمجانسة والتخلص من الرطوبة.
3. قياس كمية النموذج بدقة لمعرفة كتلته او حجمه.
4. اذابة النموذج بشكل تام في مذيب مناسب للحصول على محلول يصلح لعملية التحليل الكيميائي الكمي.
5. فصل المكونات: وذلك لانها قد تسبب تداخلا في عمليات التحليل المطلوبة.

يمكن تقسيم طرائق التحليل الكيميائي الكمي الى قسمين

1- التحليل الكيميائي الكمي ← طرائق التحليل الوزني / طرائق التحليل الحجمي
2- التحليل الالي.

التحليل الوزني

وهي عملية تعتمد على عزل وقياس كتلة مادة (ذات تركيب كيميائي معلوم وتكون ذات صلة كيميائية بالمكون المراد تقديره) بشكل نقي وكمي.

س/ على ماذا تعتمد عمليات التحاليل الوزنية؟

ج/ تعتمد على تحويل المكون المراد تقديره في العينة الى مركب نقي ومستقر كيميائيا يمكن ان يحول الى هيئة او صيغة قابلة للوزن بشكل دقيق

س/ ما هي طرائق التحليل الوزني؟

1- طرائق التطاير.	2- طريقة الترسيب.
3- طرائق الترسيب الكهربائي.	4- طرائق فيزيائية اخرى.

طرائق التطاير

وهي الطرائق التي تعتمد بشكل أساسي على ازاحة المكون المتطاير الموجود في العينة.

س/ ما هي وسائل التطاير؟

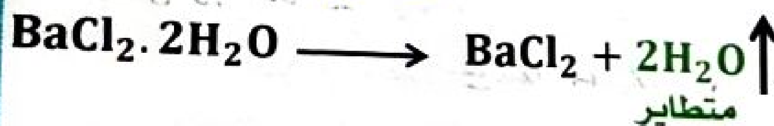
1- بواسطة عملية الحرق البسيطة (التسخين الى درجات حرارة عالية) التي تجري مع الهواء.
2- معاملة العينة مع كواشف كيميائية تحول جميع اجزاء العينة الى حالة متطايرة ماعدا الجزء المراد تقديره بصورة غير متطايرة.

س/ ماهي انواع طرائق التطاير:

1- طريقة التطاير المباشرة: وهي الطريقة التي يتم فيها ايجاد كتلة المادة بعد ان تمتص المادة المتطايرة في وسط مناسب.
2- طريقة التطاير غير المباشرة: وهي العملية او الطريقة التي يتم فيها حساب كتلة الجزء المتطاير من النقص الحاصل في كتلتها قبل وبعد عملية التطاير.

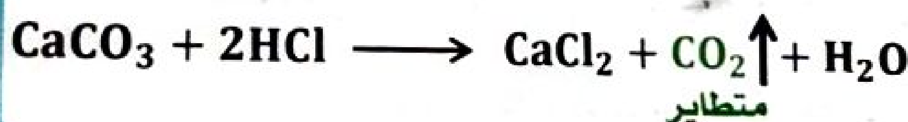
س/ اكتب معادلة لطريقة تطاير مباشرة واخرى غير مباشرة؟

ج/



$$BaCl_2.2H_2O \longrightarrow BaCl_2 + 2H_2O\uparrow$$

متطاير — غير مباشرة



$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$$

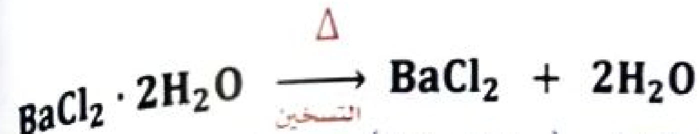
متطاير — مباشرة

مثال 2

تم تحليل عينة كتلتها 1.451g من ملح كلوريد الباريوم المائي النقي $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ وذلك بأتباع طرائق التطاير غير المباشرة لمعرفة النسبة المئوية لماء التبلور فيها. تم تسخين العينة لمدة كافية عند درجة حرارة $125\ C°$ وبعد التبريد في محيط جاف وجد ان كتلة الجزء غير المتطاير كانت تساوي 1.236 g احسب النسبة المئوية لماء التبلور في العينة؟

الحل:

$$\text{النسبة المئوية لماء التبلور} = \frac{\text{كتلة ماء التبلور}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\ \%$$



$$BaCl_2 \cdot 2H_2O \xrightarrow[\text{التسخين}]{\Delta} BaCl_2 + 2H_2O$$

بيان ان العملية تسخين اذاً التطاير غير مباشر

(العينة قبل التسخين) الجزء المتاطير (بعد التسخين)

$$BaCl_2 \cdot 2H_2O = BaCl_2 + 2H_2O$$

$$1.451 = 1.236 + 2H_2O$$

$$2H_2O = 1.451 - 1.236$$

$$2H_2O = 0.215\ g$$ كتلة ماء التبلور

$$\%H_2O = \frac{m_{H_2O}}{m_{BaCl_2 \cdot 2H_2O}} \times 100\ \%$$

$$\%H_2O = \frac{0.215}{1.451} \times 100\ \%$$

$$\%H_2O = 14.81\ \%$$ النسبة المئوية لماء التبلور في العينة

ملاحظة/ (كتلة العينة بعد التسخين - كتلة العينة قبل التسخين = كتلة الجزء المتطاير)

مثال 3

تم تحليل مركب عضوي لمعرفة النسبة المئوية للكاربون بطريقة التطاير المباشرة فبعد حرق 15.24 mg من المركب بوجود الاوكسجين وامتصاص غاز CO_2 في وسط مناسب وجد ان كتلة CO_2 تساوي 22.36 mg احسب النسبة المئوية لعنصر الكاربون في المركب؟

الحل:

$$\text{النسبة المئوية للكاربون} = \frac{\text{كتلة الكاربون}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\ \%$$

$$C \longrightarrow CO_2$$

بيان ان العملية حرق اذاً التطاير مباشر

$m_C = X$ $\quad m_{CO_2} = 22.36$

$M = 12$ $\quad M_{CO_2} = 44$

$$\frac{X}{12} = \frac{22.36}{44}$$ وسطين × طرفين

$$m_C = X = \frac{12 * 22.36}{44} = 6.1\ mg$$

$$\%C = \frac{m_C}{m_{\text{عينة}}} \times 100\ \%$$

$$\%C = \frac{6.1}{15.24} \times 100\ \% \rightarrow \%C = 40\ \%$$

تمرين 2 تم تحليل سبيكة النيكروم (سبيكة مكونة من عنصرين اساسين هما النيكل والكروم اضافة الى كميات قليلة جداً من الكاربون) وزنياً بطريقة التطاير وذلك بحرق g 1.4 منها بوجود الاوكسجين وقد وجد ان كتلة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون المتحرر الذي تم جمعه بعد انتهاء عملية الحرق كانت تساوي mg 2.2 احسب النسبة المئوية لعنصر الكاربون في السبيكة؟

الحل:

$$\text{النسبة المئوية للكاربون} = \frac{\text{كتلة الكاربون}}{\text{كتلة العينة}} \times 100\ \%$$



$$C \longrightarrow CO_2$$

$m_C = X$ $m_{CO_2} = 2.2$

$M = 12$ $M_{CO_2} = 44$

$$\frac{X}{12} = \frac{2.2}{44}$$ وسطين × طرفين

$$m_C = X = \frac{12 * 2.2}{44} = 0.6\ mg \qquad m_C = \frac{0.6\ mg}{1000} = 0.0006\ g$$

$$\%C = \frac{m_C}{m_{\text{العينة}}} \times 100\ \%$$

$$\%C = \frac{0.0006}{1.4} \times 100\ \% \qquad \%C = 0.0428 \approx 0.043\ \%$$

س 7 عند حرق 5.7 mg من مركب عضوي نتج 14.4 mg من غاز ثنائي اوكسيد الكربون و 2.5 mg من بخار الماء. احسب النسبة المئوية للكربون والهيدروجين في المركب علماً ان $C = 12 \quad O = 16 \quad H = 1$ ؟

الحل:



$$\text{مركب عضوي} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

5.7   14.4   2.5

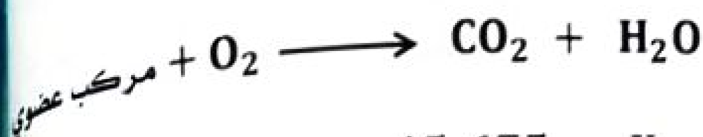
نستخرج الكتلة المولية لكل من CO_2 , H_2O

$$M_{CO_2} = (1 \times 12) + (2 \times 16) = 44\ g/mol$$
$$M_{H_2O} = (1 \times 2) + (1 \times 16) = 18\ g/mol$$

C: $m = X$, $M = 12$; CO_2: $m = 14.4$, $M = 44$ وسطين × طرفين $\frac{X}{12} = \frac{14.4}{44}$ $m_C = X = \frac{12 \times 14.4}{44} = 3.9\ mg$ $\%C = \frac{m_c}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$ $\%C = \frac{3.9}{5.7} \times 100\% = 68.9\%$	H_2: $m = X$, $M = 2$; H_2O: $m = 2.5$, $M = 18$ وسطين × طرفين $\frac{X}{2} = \frac{2.5}{18}$ $m_{H_2} = X = \frac{2 \times 2.5}{18} = 0.27\ mg$ $\%H_2 = \frac{m_{H_2}}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$ $\%H_2 = \frac{0.27}{5.7} \times 100\% = 4.9\%$

س5 نقطة 5 عند حرق 5.7 mg من مركب عضوي هيدروكاربوني ينتج من عملية احتراقه التام 15.675 mg من غاز CO_2 فأن النسبة المئوية للهيدروجين في المركب؟

الحل:



$$\text{مركب عضوي} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

5.7		15.675 , X

$$M_{CO_2} = (1 \times 12) + (2 \times 16) = 44 g/mol$$

C	CO_2
m = x	m = 15.675
M = 12	M = 44

وسطين X طرفين حيث نستخرج كتلة C من Co_2

$$\frac{X}{12} = \frac{15.675}{44}$$

$$m_c = X = \frac{12 \times 15.675}{44} \Rightarrow mc = 4.275 \ mg$$

الآن نقوم باستخراج النسبة المئوية لل %C

$$\%C = \frac{m_c}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$$

$$\%C = \frac{4.275}{5.7} \times 100$$

$$\therefore \%C = 75\%$$

بما ان الاحتراق تام فأن

$$\%C + \%H_2 = 100\%$$

$$\boxed{\%C + \%H = 100\%}$$

$$\%75 + \%H = 100\%$$

$$\therefore \%H = 100 - 75 = \%25$$

طرائق الترسيب

س/ ماهي الخطوات التي تتضمن طريقة التحليل الوزني والتي يجب ان تنجز بشكل كمي ؟

1- اذابة كتلة معلومة ومضبوطة من العينة بمذيب مناسب.
2- ترسيب المكون المراد تقديره من محلول العينة على هيئة مركب شحيح الذوبان (راسب) .
3- فصل وعزل الراسب المتكون من محلول الترسيب ويتم ذلك عادة عن طريق الترشيح.
4- غسل الراسب واضافة محلول غسيل ملائم للتخلص من كمية المواد الملونة العالقة على سطحه.
5- تجفيف الراسب وذلك بتحويل صيغة الراسب الى صيغة وزنية.
6- يتم وزن الراسب (وهو على هيئة صيغة وزنية) لأيجاد كتلته بشكل دقيق.

س/ ماهي الشروط الواجب توافرها في محاليل الغسيل ؟ 2016/1

1 – ان لا تؤثر على ذوبانية الراسب بل تساعد على ذوبان الملوثات.
2- ان لا تكون مركبات متطايرة مع الراسب.
3- ان يكون سهل التطاير للتخلص منه لاحقا.

س/ ماهي العوامل التي تؤدي الى نجاح عملية التحليل الوزني والحصول على نتائج دقيقة؟

1- يجب ان يكون الراسب المتكون غير ذائب بدرجة كافية (قابلية ذوبانه قليلة جدا) لاجل عدم حصول خسارة ملحوظة للمكون المراد تقديره عند جمعه بعملية الترشيح
2- يجب ان يتمتع الراسب بصفات فيزيائية مناسبة جدا حتى تمكننا من فصله عن محلول الترسيب بشكل كمي ومن ثم غسله للتخلص من الملوثات الذائبة
3- يجب ان تكون هناك امكانية لتحويل الراسب الى مادة نقية (غير ملوثة) وذات صيغة كيميائية معلومة

س/ على ماذا تعتمد عملية فصل الراسب عن محلول الترسيب ؟

ج/ تعتمد على حجم دقائق الراسب حيث الراسب الذي يحتوي على دقائق كبيرة يمكن ان يفصل بشكل تام وبسهولة اما اذا كانت الدقائق صغيرة جدا فانه يحتاج الى اوساط ترشيح ذات مسامات صغيرة لفصل الراسب مما يؤدي الى صعوبة وبطئ في عملية الفصل حيث تكون دقائق الراسب ذات الحجم الكبير اقل تلوث من محيط الترسيب

تمهيدي / 2019

س/ اهم الشروط المؤثرة للحصول على راسب متبلور؟

1 - طبيعة الراسب وتركيبه الكيميائي يجب ان تكون مواد شحيحة الذوبان.
2 - ذوبانية الراسب يجب ان تكون عالية ليتكون راسب بلوري.
3 - يجب ان تكون درجة الحرارة عالية حيث يتكون راسب بلوري.
4- تركيز المواد التي تشترك في عمليه الترسيب يفضل ان تكون المحاليل مخففة واضافة محلول العامل المرسب ببطئ وتحريك مستمر لمحلول الترسيب لضمان الحصول على راسب متبلور.

علل/ عندما تكون درجه الحراره عاليه يفضل ان تكون عملية الترسيب؟

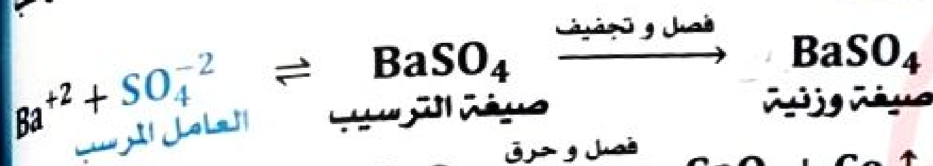
ج/ لأن ارتفاع درجه الحرارة سوف يزيد من ذوبانية معضم الرواسب و يعني ذلك ببطئ الترسيب و اتاحه الوقت لبناء بلورات.

علل/ يجب ان يكون الراسب بلوريا وذو دقائق كبيرة ؟

ج/ 1- لايمر من خلال ورق الترشيح. 2- يكون اقل عرضة للتلوث.

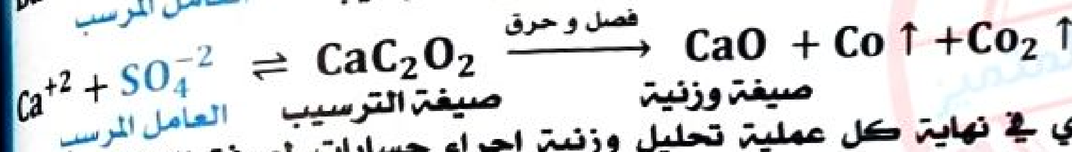
التركيب الكيميائي للراسب والحسابات في التحليل الكمي الوزني

ان عملية وزن الراسب هي الخطوة الاخيرة في عملية التحليل الوزني بعد خطوة التجفيف او الحرق حيث لا تكون الكتلة النهائية لمكون المراد تقديره بل في اغلب الاحيان مادة اخرى تحتوي في تركيبها الكيميائي هذا المكون فعلى سبيل المثال في عملية تحليل وزني لتقدير الباريوم (المكون المراد تقديره) في عينة يتم ترسيب الباريوم على هيئة كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وبعد اتمام عملية الترسيب وفصل وغسل وتجفيف الراسب يتم وزنه على هيئة $BaSO_4$ (صيغة وزنية)



$$Ba^{+2} + SO_4^{-2} \rightleftharpoons BaSO_4 \xrightarrow{\text{فصل و تجفيف}} BaSO_4$$

العامل المرسب — صيغة الترسيب — صيغة وزنية



$$Ca^{+2} + SO_4^{-2} \rightleftharpoons CaC_2O_2 \xrightarrow{\text{فصل و حرق}} CaO + Co\uparrow + Co_2\uparrow$$

العامل المرسب — صيغة الترسيب — صيغة وزنية

ولذلك يكون من الضروري في نهاية كل عملية تحليل وزنية اجراء حسابات لمعرفة الكتلة المضبوطة للصيغة الوزنية باستعمال ميزان حساس يستعمل لهذا الغرض

تعتمد الحسابات هنا على قانون النسبة والتناسب

$$\frac{\text{المكون المراد تقديره } M}{\text{الصيغة الوزنية } M} = \frac{\text{المكون المراد تقديره } m}{\text{الصيغة الوزنية } m}$$

المعامل الوزني

وهي النسبة بين الكتلة المولية للمكون المراد تقديره الى الكتلة المولية للصيغة الوزنية (الراسب) ويرمز له G_f

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{\text{المكون المراد تقديره } M}{\text{الصيغة الوزنية } M}$$

حيث ان :

G_f ← المعامل الوزني

a ← رقم معين

b ← رقم معين

M ← الكتلة المولية

هذه الارقام تستعمل لغرض مساواة اعداد الذرات في البسط والمقام

مثال 4

احسب العامل الوزني G_f للكلور (مكون يراد تقديره) $M = 35.5\ g/mol$ في راسب كلوريد الفضة $AgCl$ (صيغة وزنية) $M = 143.5\ g/mol$ ؟

الحل : في هذا المثال الكلور Cl هو المكون المراد تقديره و $AgCl$ صيغة وزنية

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Cl}\ \text{المكون المراد تقديره}}{M_{Agcl}\ \text{الصيغة الوزنية}} = \frac{1}{1} \times \frac{35.5}{143.5} = 0.25$$

نلاحظ في هذا المثال ان $a, b = 1$ وذلك لأن عدد ذرات الكلور متساوي في البسط والمقام



اكمل الجدول الاتي:

	المكون المراد تقديره	الصيغة الوزنية (الراسب)	المعامل الوزني Gf
1	I	AgI	0.54
2	Ni	$Ni(C_4H_7N_2O_2)_2$	0.204
3	Fe_3O_4	Fe_2O_3	0.967
4	MgI_2	AgI	0.592
5	$NH_4Al(SO_4)_2$	Al_2O_3	4.647

01

$M_I = 127 g/mol$, $M_{AgI} = (1 \times 108) + (1 \times 127) = 235\ g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_I}{M_{AgI}} = \frac{1}{1} \times \frac{127}{235} = 0.54$$

02

$M_{Ni} = 59 g/mol$ $M_{Ni(C_4H_7N_2O_2)_2} = (1 \times 59) + \left[\begin{matrix} 2(4 \times 12) + (7 \times 1) \\ + (2 \times 14) + (2 \times 16) \end{matrix}\right] = 289\ g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Ni}}{M_{Ni(C_4H_7N_2O_2)_2}} = \frac{1}{1} \times \frac{59}{289} = 0.204$$

03

$M_{Fe_3O_4} = (3 \times 56) + (4 \times 16) = 232\ g/mol$

$M_{Fe_2O_3} = (2 \times 56) + (3 \times 16) = 160 g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Fe_3O_4}}{M_{Fe_2O_3}} = \frac{2}{3} \times \frac{232}{160} = 0.967$$

04

$M_{MgI_2} = (1 \times 24) + (2 \times 127)$, $M_{AgI} = (1 \times 108) + (1 \times 127)$

$M_{MgI_2} = 278$ $M_{AgI} = 235 g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{MgI_2}}{M_{AgI}} = \frac{1}{2} \times \frac{278}{235} = 0.59$$

05

$M_{NH_4Al(SO_4)_2} = (1 \times 14) + (4 \times 1) + (1 \times 27) + (2 \times 32) + 8 \times 16) = 237\ g/mol$

$M_{Al_2O_3} = (2 \times 27) + (3 \times 16) = 102\ g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{NH_4Al(SO_4)_2}}{M_{Al_2O_3}} = \frac{2}{1} \times \frac{237}{102} = 4.647$$

تمرين 4 احسب المعامل الوزني للحديد $M_{Fe} = 56\ g/mol$ في Fe_2O_3 $M_{Fe_2O_3} = 160\ g/mol$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Fe}}{M_{Fe_2O_3}} = \frac{2}{1} \times \frac{56}{160} = \frac{112}{160} \Rightarrow G_f = 0.7$$

للتذكير a,b اعداد وضعت لمساواة اعداد الذرات في البسط والمقام "فقط الذرات المشتركة في البسط والمقام"

دراكي سنتين 5 درجات

س13 احسب المعامل الوزني لـ $Na_5P_3O_{10}$ في $M_{Na_5P_3O_{10}} = 368\ g/mol$ $Mg_2P_2O_7$ اذا علمت ان $M_{Mg_2P_2O_7} = 222\ g/mol$ ؟

الحل:

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Na_5P_3O_{10}}}{M_{Mg_2P_2O_7}} = \frac{2}{3} \times \frac{368}{222} = 1.11$$

يمكن استخدام المعامل الوزني G_f في ايجاد كتلة المكون المراد تقديره من القانون التالي:

اذا طلب الكتلة من الترسيب نطبق القانون التالي

$$m_{\text{المكون المراد تقديره}} = G_f \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

مثال 5 يتم ترسيب (3.164 g) صيغة وزنية من اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 ثم تم احتراقها بشكل تام، ما كتلة اوكسيد الكالسيوم (CaO) مكون مراد تقديره الناتجة من احتراقها ؟ علما ان

$M_{CaC_2O_4} = 128\ g/mol$

$M_{CaO} = 56\ g/mol$

1/ يمكن معرفة الصيغة الوزنية تأتي بعد كلمة ترسيب ومشتقاتها او بكل الهيئة

2/ يمكن معرفة المكون المراد تقديره عندما يسأل عنه

الحل:

لاستخراج كتلة m_{CaO} نطبق القانون

$$m_{\text{للكون المراد تقديره}} = G_f \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

$$m_{CaO} = G_f * m_{CaC_2O_4}$$

نحتاج G_f يجب ان نستخرجه من القانون الخاص به

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{CaO}}{M_{CaC_2O_4}} = \frac{1}{1} \times \frac{56}{128} = 0.437$$

3/ اذا طلب الكتلة نبحث عن Gf

$$m_{CaO} = G_f * m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

$$m_{CaO} = 0.437 * 3.164 \rightarrow m_{CaO} = 1.38\ g$$

س 6 كم هو عدد غرامات يودات البوتاسيوم KIO_3 اللازمة لترسيب 1.67 g من يودات الرصاص $Pb(IO_3)_2$ اذا علمت ان $I = 127 \quad O = 16 \quad Pb = 207$ ؟ $K = 39$

الحل: لاستخراج الكتلة نطبق القانون التالي :

$$m_{\text{المكون المراد تقديره}} = G_f \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

يجب ان نقوم باستخراج G_f (المعامل الوزني)

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{KIO_3\ \text{المكون}}}{M_{Pb(IO_3)_2\ \text{الصيغة}}} = \frac{2}{1} \times \frac{214}{557} \quad \rightarrow \quad G_f = 0.768$$

$$m_{KIO_3} = G_f \times m_{Pb(IO_3)_2}$$

$$m_{KIO_3} = 0.768 \times 1.67$$

$$m_{KIO_3} = 1.238\ g$$

استخراج الكتل المولية

$$M_{KIO_3} = (1 \times 39) + (1 \times 127) + (3 \times 16) = 214\ g/mol$$

$$M_{Pb(IO_3)_2} = (1 \times 207) + [2(1 \times 127)] + (3 \times 16) = 557 g/mol$$

س 16 تم تحليل احد هاليدات الباريوم $BaX_2.2H_2O$ (حيث ان X تعني هالوجين) بطريقة وزنية وذلك بأذابة 0.266 g من هذا الملح في 200 ml من الماء واضافة كمية زائدة من حامض الكبريتيك H_2SO_4 لاتمام ترسيب الباريوم Ba ($M_{Ba} = 137 g/mol$) على هيئة كبريتات الباريوم $BaSO_4$ $M = 233\ g/mol$ فأذا علمت إن كتلة الراسب الناتجة كانت تساوي 0.254 g ما نوع الهالوجين الذي تمثله X في ملح الباريوم؟

الحل: لمعرفة الهالوجين X يجب معرفة الكتلة المولية للمركب $M_{BaX_2.2H_2O}$

$$m_{\text{المكون}} = G_f \times m_{\text{الصيغة}}$$

$$\therefore G_f = \frac{m_{\text{المكون}}}{m_{\text{الصيغة}}} = \frac{0.266}{0.254} = 1.04$$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{BaSO_4}}{M_{BaX_2.2H_2O}} \quad \rightarrow \quad 1.04 = 1 \times \frac{233}{M_{BaX_2.2H_2O}}$$

$$M_{BaX_2.2H_2O} = 233 \times 1.04 = 244\ g/mol$$

$$BaX_2.2H_2O = M$$

$$(137 \times 1) + 2X + [2(1 \times 2) + (1 \times 16)] = 244$$

$$137 + 2X + 36 = 244 \quad \rightarrow \quad 137 + 2X = 244$$

$$2X = 244 - 173 \quad \Rightarrow \quad 2X = 71 \quad \therefore X = \frac{71}{2} = 35.5$$

∴ الهالوجين هو الكلور

حساب النسبة المئوية للمواد

يمكن حساب النسبة المئوية للمكون المراد تقديره من العلاقة التالية

$$\text{للمكون المراد تقديره}\% = \frac{m_{\text{للمكون المراد تقديره}}}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$$

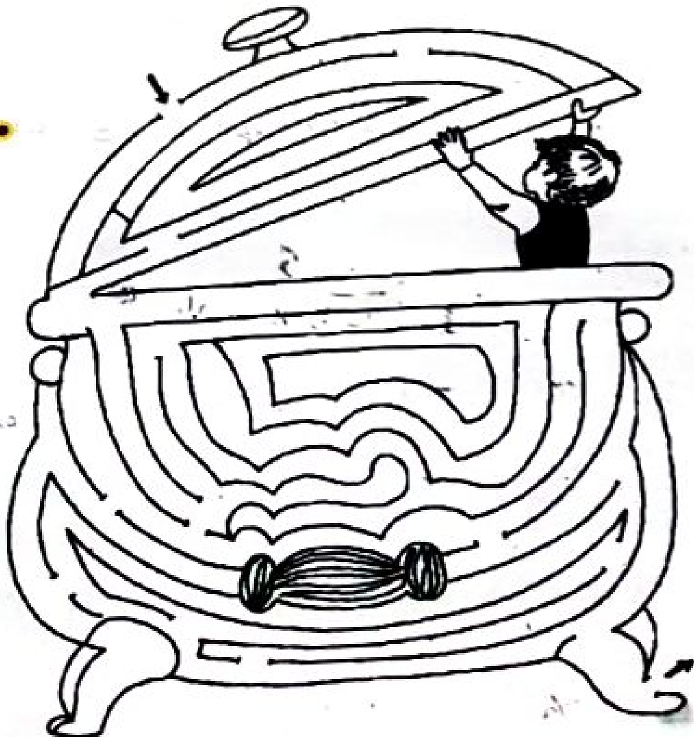
بما ان:

$$m_{\text{المكون المراد تقديره}} = G_f \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

يصبح القانون كالتالي

$$\text{للمكون المراد تقديره}\ \% = \frac{G_f \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$$

متع عقلك



تمهيدي / 2019

س17 عند اذابة 0.5 g من ملح غير نقي ليوديد الصوديوم NaI $(M = 150\ g/mol)$ في الماء واضافة زيادة من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ لترسيب ايون اليوديد بشكل تام تم الحصول على 0.744 g من يوديد الفضة AgI $(M = 235\ g/mol)$ احسب النسبة المئوية لـ يوديد الصوديوم في الملح غير النقي؟

الحل: المكون المراد تقديره NaI

الصيغة الوزنية AgI

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{NaI}}{M_{AgI}} = \frac{1}{1} \times \frac{150}{235} = 0.63$$

$$m_{\text{المكون المراد تقديره}} = Gf \times m_{\text{الصيغة الوزنية}}$$

$$m_{NaI} = G_f \times m_{AgI} = 0.63 \times 0.744 \Rightarrow m_{NaI} = 0.474\ g$$

$$\%NaI = \frac{m_{NaI}}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$$

$$\%NaI = \frac{0.474}{0.5} \times 100\%$$

$$\%NaI = 95\%$$

تمرين 5 تمت معاملة 120 mg من مركب عضوي مع حامض النتريك (مذيب) ثم اضيف الى محلول النموذج الناتج كمية من نترات الفضة (عامل مرسب) لترسيب محتوى المركب من الكلور كمياً على هيئة كلوريد الفضة AgCl (صيغة وزنية) احسب النسبة المئوية للكلور (مراد تقديره) Cl $(M = 35.5\ g/mol)$ في المركب اذا علمت ان كتلة كلوريد الفضة المترسبة بلغت 153 mg ؟ علماً ان الكتلة المولية لكلوريد الفضة 143.5

الحل:

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Cl}}{M_{AgCl}} = \frac{1}{1} \times \frac{35.5}{143.5} = 0.25$$

$$m_{Cl} = G_f \times m_{\text{الصيغة}} = 0.25 \times 153 \Rightarrow m_{Cl} = 38.25\ mg$$

$$\%Cl = \frac{m_{Cl}}{m_{\text{العينة}}} \times 100\%$$

$$\%Cl = \frac{38.25}{120} \times 100\%$$

$$\%Cl = 31.5\%$$





كتلة العينة

تمرين 6 تم ترسيب محتوى الالمنيوم الموجود في عينة كتلتها $0.764g$ بعد اذابتها على هيئة $(Al_2O_3XH_2O)$ باستعمال زيادة من محلول الامونيا المائي NH_4OH وبعد فصل الراسب المتكون وغسله ثم تجفيفه ليتحول الى Al_2O_3 صيغة وزنية

01 عين صيغة الترسيب والصيغة الوزنية في عملية التحليل هذه؟

02 هل يمكن استعمال صيغة الترسيب كصيغة وزنية؟

03 احسب النسبة المئوية لـ Al_2O_3 $(M = 102\ g/mol)$ في العينة اذا علمت ان الكتلة النهائية للصيغة الوزنية التي تم الحصول عليها كانت تساوي $0.127g$ ؟

04 احسب النسبة المئوية للالمنيوم $M = 27\ g/mol$ في العينة؟

الحل:

1- صيغة الترسيب $Al_2O_3XH_2O$ ، الصيغة الوزنية Al_2O_3

2- لا يمكن استعمال صيغة الترسيب كصيغة وزنية لان جزيئات الماء مجهولة

3- احسب النسبة المئوية لـ Al_2O_3

$$\%Al_2O_3 = \frac{m_{Al_2O_3}}{m_{العينة}} \times 100\% \Rightarrow \%Al_2O_3 = \frac{0.127}{0.764} \times 100\% \Rightarrow \%Al_2O_3 = 16.6\%$$

4- احسب النسبة المئوية للالمنيوم $M = 27\ g/mol$ في العينة

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Al}}{M_{Al_2O_3}} = \frac{2}{1} \times \frac{27}{102} = \frac{54}{102} = 0.53$$

$$m\ Al = G_f \times m_{العينة} = 0.53 \times 0.127 \Rightarrow m\ Al = 0.067\ g$$

$$\%\ Al = \frac{m\ Al}{m\ Al_2O_3} \times 100\% = \frac{0.067}{0.764} \times 100\% \Rightarrow \%Al = 8.8\%$$

س12 نقطة 3 : النسبة المئوية لمبيد الحشرات $C_{14}H_9Cl_5$ (DDT) في عينة غير نقية منه تم تحليل $0.74\ g$ منها وزنيا لتعطي $0.253g$ من $AgCl$ هي:

أ- %17   ب- %19   جـ- %21

علما ان: $Cl = 35.5$ $Ag = 108$ $C = 12$ $H = 1$

الحل: اولا نحسب الكتلة المولية لكل من $C_{14}H_9Cl_5$ و $AgCl$

$$M_{C_{14}H_9Cl_5} = (14 \times 12) + (9 \times 1) + (5 \times 35.5) = 354.5 g/mol$$

$$M_{AgCl} = (1 \times 108) + (1 \times 35.5) = 143.5\ g/mol$$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{C_{14}H_9Cl_5\ للمكون}}{M_{AgCl\ الصيغة}} = \frac{1}{5} \times \frac{354.5}{143.5} = 0.494$$

$$m_{C_{14}H_9Cl_5} = G_f \times m_{الصيغة الوزنية} \Rightarrow m_{C_{14}H_9Cl_5} = 0.494 \times 0.253$$

$$m_{C_{14}H_9Cl_5} = 0.125\ g$$

$$\%C_{14}H_9Cl_5 = \frac{m\ C_{14}H_9Cl_5}{m_{العينة}} \times 100\% \Rightarrow \%C_{14}H_9Cl_5 = \frac{0.125}{0.74} \times 100\%$$

$$\%C_{14}H_9Cl_5 = 16.8 \cong 17\%$$

التحليل الحجمي



التحليل الحجمي: وهو احدى طرائق التحليل الكمي والذي يعتمد بالاساس على قياس الحجم الذي يستهلك من محلول لكاشف كيميائي (ذي تركيز معلوم بدقة) عند تفاعله كميا مع محلول المكون المراد تقديره (ذو تركيز مجهول) .

المحلول القياسي: وهو المحلول ذو التركيز المعلوم بدقة وهذا المحلول يحوي حجما معيناً منه على كمية محدودة ومعلومة من الكاشف (عدد غرامات مكافئة او عدد مولات او عدد غرامات..الخ) .

س/ ما هي انواع المحاليل القياسية؟

1- المحلول القياسي الاولي: وهو المحلول الذي يحضر مباشرة من اذابة كتلة معلومة من مادة قياسية في حجم معلوم من المذيب (عادة يكون المذيب ماء مقطر)

2- المحلول القياسي الثانوي: وهو المحلول الذي يتم الحصول عليه من المعايرة حيث يتم بواسطتها تعيين تركيز المحلول بشكل مظبوط عن طريق القياس الدقيق للحجم المستهلك منه والذي يتفاعل كميا مع كمية معلومة من مادة قياسية.

س/ ماهي شروط المادة القياسية؟

1- يجب ان تكون ذات نقاوة عالية.
2- يجب ان لا تتفاعل او تمتص مكونات الهواء الجوي (الرطوبة او الاوكسجين) ولا تتأثر بالضوء.
3- ان يكون لها كتلة مكافئة عالية لتقليل الخطأ الذي ينتج اثناء عملية الوزن.
4- يجب ان تكون قابلة للذوبان في المذيب المستعمل.
5- يفضل ان لا تكون سامة.
6- يفضل ان تكون رخيصة الثمن ومتوفرة.

عملية التسحيح: وهي عملية اضافة تدريجية للمحلول القياسي من السحاحة الى المحلول المجهول الموجود في دورق مخروطي يسمى بدورق ايرلنماير وتستمر هذه العملية لحين اكتمال التفاعل بين الكاشف الكيميائي المضاف والمكون المراد تقديره.

نقطة التكافؤ: وهي النقطة التي يكتمل فيها التفاعل في عملية التسحيح وتحدد هذه النقطة من خلال (تغير لون المحلول او تكون راسب) .

الدلائل: وهي مواد كيمياوية لا تشترك في تفاعل التسحيح بل يتغير لونها او احد صفاتها الفيزيائية بشكل واضح عند نقطة التكافؤ او بالقرب منها.

نقطة نهاية التفاعل: وهي النقطة التي يحدث عندها تغير في التفاعل او ايقاف عمليه التسحيح ويحدد موقعها عمليا بالاعتماد على احد الدلائل.

س/ ما هي شروط عمليه التسحيح؟

1- يجب ان يكون التفاعل بسيطا ويعبر عنه بمعادلة كيميائية موزونة.
2- ان يتجه التفاعل بأتجاه واحد (غير انعكاسي) .
3- يجب ان يكون التفاعل آني سريع جدا.
4- يجب ان تتوفر وسيلة لتعيين نقطة نهاية التفاعل من الناحية العلمية.

انواع التفاعلات التي يمكن ان تستعمل في التسحيح

1 تفاعلات التعادل: تفاعلات الحوامض والقواعد يتضمن هذا النوع تسحيح قاعدة قوية مقابل محلول قياسي لحامض قوي او بالعكس حيث يتحد ايون الهيدروجين H^+ مع ايون الهيدروكسيد OH^- لتكوين الماء H_2O .

2 تفاعلات التاكسد والاختزال: وهي التفاعلات التي يحدث فيها تغير لاعداد التأكسد للمواد المشتركة فيها ويكون فيها المحلول القياسي اما عاملا مؤكسد او عاملا مختزل

3 تفاعلات الترسيب: يتضمن هذا النوع اتحاد الايونات عدا (OH^-, H^+) لتكوين رواسب بسيطة كما هو في تفاعل ايون الفضة مع اليون الكلوريد

$$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl \downarrow$$ راسب

4 تفاعلات تكوين معقد: يتضمن هذا النوع اتحاد الايونات عدا (OH^-, H^+) لتكوين معقدات ذائبة في المحلول لكنها قليلة التفكك كما في التفاعل:

$$Ag^+ + 2CN^- \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^-$$ مركب معقد ذائب

طرائق التعبير عن تراكيز المحاليل المستعملة في عملية التسحيح



التركيز المولاري هو ذلك المحلول الذي يحتوي على مول واحد من المذاب في لتر واحد من المحلول وحدته mol/L.

$$M = \frac{n\,(mol)}{V\,(L)} = \frac{\frac{m\,g}{M\,g/mol}}{V\,(L)} = \frac{m\,(g)}{M \times V\,(L)}$$

حيث يمكن ان نحصل على العلاقة التالية :

$$m = M \times V \times M$$

m	= M	× V	× M
كتلة	تركيز	الحجم	كتلة مولية
g	mol/L	L	g/mol

التركيز العياري (النورمالي N) هو ذلك المحلول الذي يحتوي على مكافئ غرامي واحد من المذاب في لتر واحد من المحلول .

$$N\,(eq/L) = \frac{Eq}{V_{(L)}} = \frac{\frac{m}{EM}}{V} = \frac{m_{(g)}}{EM_{(g/eq)} \times V_{(L)}}$$

حيث يمكن الحصول على العلاقة التالية

$$m = N \times V \times EM$$

m	= N	× V	× EM
كتلة	تركيز	الحجم	كتلة مكافئة
g	eq/L	L	g/eq

الكتلة المكافئة EM: وهي كتلة المادة التي تنتج او تستهلك مولا واحداً من المكون الفعال وهي كمية غير ثابتة وقد تتغير مع تغير نوع التفاعل ووحدتها (g/eq) .

الكتلة المولية M: وهي مجموع الكتل الذرية للذرات التي تكون المادة وهي كمية ثابتة لا تتغير عند تغير نوع التفاعل ووحداتها (g/mol) .



حساب الكتل المكافئة EM





EM للحامض = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد ذرات } H^{+} \text{ المتاين}}$

EM للقاعدة = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد ذرات } OH^{-} \text{ المتاين}}$

EM للملح = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد مولات الحامض او القاعدة المتفاعلة مع الملح}}$

EM الترسيب = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد الايونات الموجبة} \times \text{تكافؤها}}$

EM المعقدات = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد المزدوجات الموهبة أو المكتسبة (عدد الليكندات)}}$

EM التاكسد والاختزال = $\frac{M_{(g/mol)}}{\text{عدد الالكترونات المكتسبة أو المفقودة}}$

* اذا ا جمعوا المولارية والنورمالية اذا ممنوعات تكون قانون الجمر حاضر

حيث ان EM الكتلة المكافئة ووحدتها (g/eq) .

و M هي الكتلة المولية و وحدتها (g/mol) .

مثال 7 عند أستعمال حامض الكبريتيك في تفاعلات التعادل تكون قيمة $\eta = 2$ أحسب عيارية محلول هذا الحامض الذي تركيزه 0.23 mol/L ؟

الحل: هنالك قانون يربط بين العيارية والتركيز المولاري

قانون الجمر

$N = \eta \times M$

$N = 2 \times 0.23$

$N = 0.46 \ eq/L$

س5 نقطة 4 : محلول من مركب مولاريته 0.2 M وعياريته 1 eq/L فان قيمة η للمركب -------

الحل:

$N = \eta \times M$

$1 = \eta \times 0.2 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{1}{0.2} = 5 \ eq/L$



تمرين 8

ما الكتلة اللازمة من ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ $(M = 294\ g/mol)$ لتحضير محلول بحجم 2L وتركيز 0.12N من هذا الكاشف ليعمل كعامل مؤكسد حسب التفاعل التالي:

$$Cr_2O_7^{-2} + 14H^+ + 6Fe^{+2} \rightleftharpoons 2Cr^{+3} + 7H_2O + 6Fe^{+3}$$

الحل: حيث أن $EM = \frac{M}{\eta}$ ، $m = N \times V_{(L)} \times EM$

تأكسد و اختزال

$Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow 2Cr^{+3}$

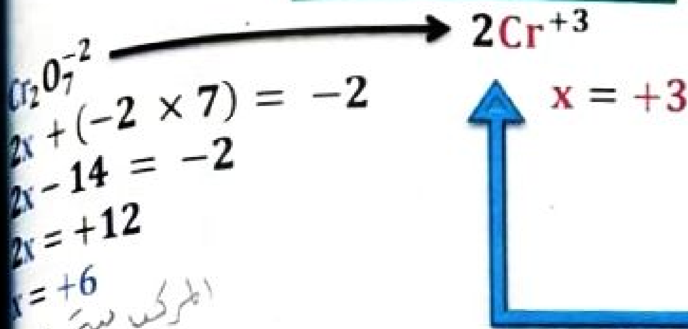
$2x + (-2 \times 7) = -2$

$2x - 14 = -2$

$2x = +12$

$x = +6$

$x = +3$



لا نستخدم عدد المولات عند حساب اعداد التأكسد

$\eta = 2 \times 3 = 6\ eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{294}{6} = 49\ g/eq$$

* ضربنا η بـ 2 لأن المركب المطلوب يحتوي على ذرتين كروم

$m = N \times V_{(L)} \times EM$

$m = 0.12 \times 2 \times 49$

$m = 11.76\ g$

تمرين 10

احسب كتلة المذاب الموجودة في كل من المحاليل التالية :

-1 350 ml من 0.125 M من نترات الفضة؟ تمهيدي 2019

الحل: سوف نجد الكتلة من القانون :

$m = M \times V_{(L)} \times M$

كتلة = تركيز مولاري × الحجم باللتر × كتلة مولية

نستخرج الكتلة المولية لنترات الفضة $AgNO_3$

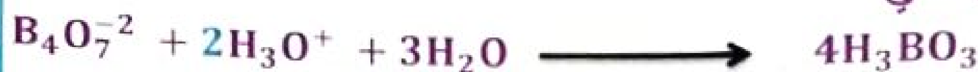
$$M_{AgNO_3} = (1 \times 108) + (1 \times 14) + (3 \times 16) = 170\ g/mol$$

$m = M \times V_{(L)} \times M$

$$m = 0.125 \times \frac{350}{1000} \times 170$$

$m = 7.44\ g$

-2 $250\ ml$ من $0.1\ N$ محلول البوراكس $Na_2B_4O_7.10H_2O$ ، $M = 381\ g/mol$ ويستعمل حسب التفاعل التالي:



$$B_4O_7^{-2} + 2H_3O^+ + 3H_2O \longrightarrow 4H_3BO_3$$

الحل: يمكن ايجاد الكتلة من العلاقة

$$\underset{\text{كتلة}}{m} = \underset{\text{نورمالية}}{N} \times \underset{\text{الحجم باللتر}}{V_{(L)}} \times \underset{\text{كتلة مكافئة}}{EM}$$

$\eta =$ عدد مولات الحامض المتفاعلة مع الملح $= 2\ eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{381}{2} = 190.5\ g/eq$$

$$m = N \times V_{(L)} \times EM$$

$$m = 0.1 \times \frac{250}{1000} \times 190.5$$

$$m = 4.76\ g$$

تمرين 9 ما الكتلة اللازمة من $NaOH$ لتحضير محلول حجم $500\ ml$ من محلول تركيزه $0.2\ M$؟

$$m = M \times V_{(L)} \times M$$

الحل: نجد الكتلة من القانون

$$M_{NaOH} = (1 \times 23) + (1 \times 16) + (1 \times 1) = 40\ g/mol$$

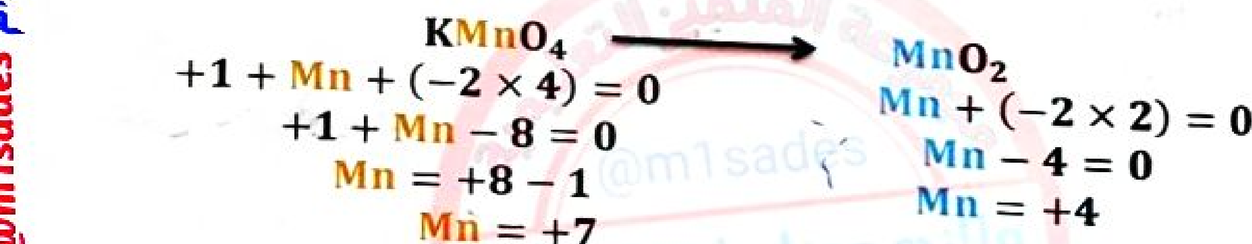
$$V_{(L)} = \frac{500}{1000} = 0.5\ L$$

$$m = M \times V_{(L)} \times M$$

$$m = 0.2 \times 0.5 \times 40 \rightarrow m = 4\ g$$

تمرين 11 تستعمل برمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$ في تفاعلات التأكسد والاختزال فاذا تفاعلت هذه المادة في محيط متعادل كعامل مؤكسد لتنتج MnO_2 ما قيمة η لبرمنكنات البوتاسيوم وكم هي عيارية المحلول لهذه المادة الذي تركيزه المولاري يساوي $0.05\ M$ ؟

الحل:



$$KMnO_4 \longrightarrow MnO_2$$

$KMnO_4$	MnO_2
$+1 + Mn + (-2 \times 4) = 0$	$Mn + (-2 \times 2) = 0$
$+1 + Mn - 8 = 0$	$Mn - 4 = 0$
$Mn = +8 - 1$	$Mn = +4$
$Mn = +7$	

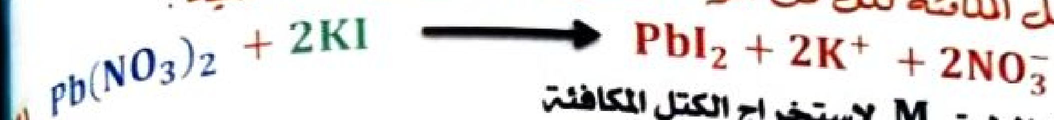
$\eta =$ عدد الالكترونات المكتسبة $= 3$

$$N = \eta * M$$

$$N = 3 * 0.05$$

$$N = 0.15\ eq/L$$

مثال 6 احسب الكتل المكافئة لكل من المواد المشتركة في التفاعلات الاتية :



1) $Pb(NO_3)_2 + 2KI \longrightarrow PbI_2 + 2K^+ + 2NO_3^-$

الحل : يجب ان نستخرج الكتل المولية M لاستخراج الكتل المكافئة

$M_{Pb(NO_3)_2} = (207 \times 1) + [2(1 \times 14) + (3 \times 16)]$

$= 207 + 28 + 96 = 331 \ g/mol$

يجب أن نستخرج η آنياً ان هذا التفاعل هو تفاعل ترسيب بسبب تكون ملح شحيح الذوبان PbI_2

لذلك فأن η تحسب كالآتي:

η = عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

$\eta = 1 \times 2 = 2 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{331}{2} = 165.5 \ g/eq$

$M_{KI} = (1 \times 39) + (1 \times 127) = 166 \ g/mol$

η = عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

$\eta = 1 \times 1 = 1 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{166}{1} = 166 \ g/eq$



2) $H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2H_2O + 2Na^+ + SO_4^{-2}$

$M_{H_2SO_4} = (1 \times 2) + (1 \times 32) + (4 \times 16) = 98 \ g/mol$

η = عدد ذرات H^+ المتأين $= 2 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{98}{2} = 49 \ g/eq$

$M_{NaOH} = (1 \times 23) + (1 \times 16) + (1 \times 1) = 40 \ g/mol$

η = عدد ذرات OH المتأين $= 1 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{40}{1} = 40 \ g/eq$



3) $5Fe^{+2} + MnO_4^- + 8H_3O^+ \rightleftharpoons 5Fe^{+3} + Mn^{+2} + 12H_2O$

$M_{Fe} = 56 \ g/mol$

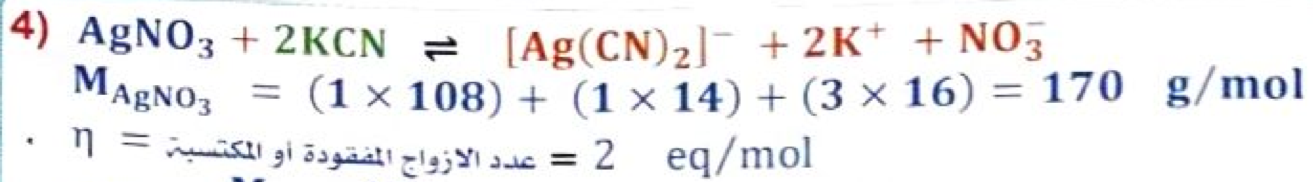
η = عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة $= +1 = 1 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{56}{1} = 56 \ g/eq$

$M_{MnO_4} = (1 \times 55) + (4 \times 16) = 119 \ g/mol$

η = عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة $= 5 \ eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{119}{5} = 23.8 \ g/eq$



4) $AgNO_3 + 2KCN \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^- + 2K^+ + NO_3^-$

$M_{AgNO_3} = (1 \times 108) + (1 \times 14) + (3 \times 16) = 170 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد الازواج المفقودة او المكتسبة $= 2 \quad eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{170}{2} = 85 \quad g/eq$



$M_{KCN} = (1 \times 39) + (1 \times 12) + (1 \times 14) = 65 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد المزدوجات الموهوبة $= 1 \quad eq/mol$

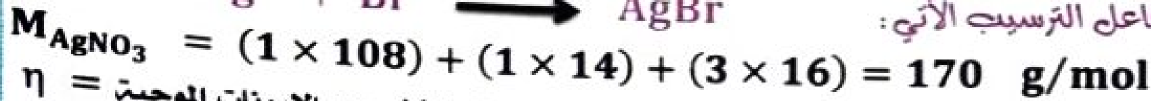
$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{65}{1} = 65 \quad g/eq$

تمرين 7 احسب قيم M و η والكتل المكافئة EM للمواد المبينة في التفاعل:

أ) $AgNO_3$ بتفاعل الترسيب الآتي:



$Ag^+ + Br^- \longrightarrow AgBr$



$M_{AgNO_3} = (1 \times 108) + (1 \times 14) + (3 \times 16) = 170 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

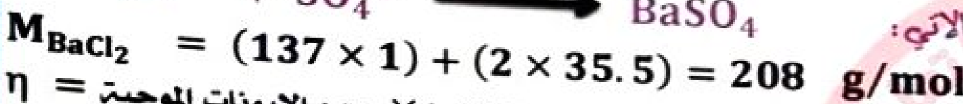
$\eta = 1 \times 1 = 1 \quad eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{170}{1} = 170 \quad g/eq$

ب) $BaCl_2$ بتفاعل الترسيب الآتي:



$Ba^{+2} + SO_4^{-2} \longrightarrow BaSO_4$



$M_{BaCl_2} = (137 \times 1) + (2 \times 35.5) = 208 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

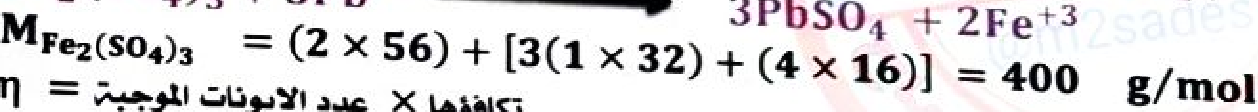
$\eta = 1 \times 2 = 2 \quad eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{208}{2} = 104 \quad g/eq$

جـ) $Fe_2(SO_4)_3$ لتفاعل الترسيب الآتي



$Fe_2(SO_4)_3 + 3Pb^{+2} \longrightarrow 3PbSO_4 + 2Fe^{+3}$



$M_{Fe_2(SO_4)_3} = (2 \times 56) + [3(1 \times 32) + (4 \times 16)] = 400 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

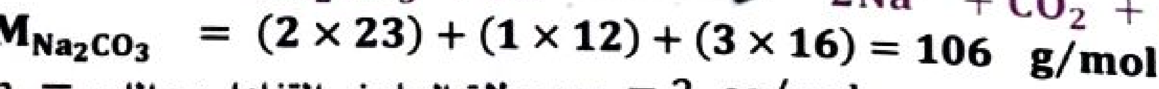
$\eta = 2 \times +3 = 6 \quad eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{400}{6} = 66.7 \quad g/eq$

د) Na_2CO_3 بتفاعل (حامض + قاعدة) تعادل



$Na_2CO_3 + 2H^+ \longrightarrow 2Na^+ + CO_2 + H_2O$



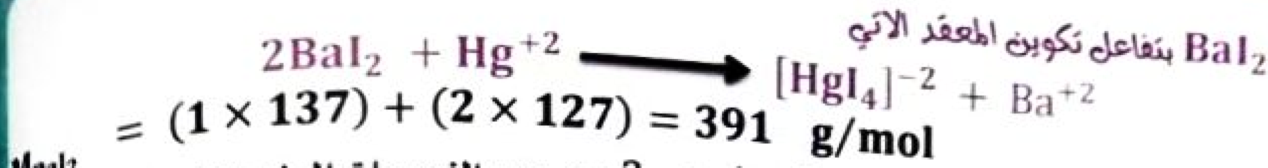
$M_{Na_2CO_3} = (2 \times 23) + (1 \times 12) + (3 \times 16) = 106 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد مولات الحامض المتفاعل مع الملح $= 2 \quad eq/mol$

$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{106}{2} = 53 \quad g/eq$



هـ) BaI_2 بتفاعل تكوين المعقد الاتي



$$2BaI_2 + Hg^{+2} \longrightarrow [HgI_4]^{-2} + Ba^{+2}$$

$M_{BaI_2} = (1 \times 137) + (2 \times 127) = 391 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد المزدوجات الممنوحة أو المكتسبة $= 2 \quad eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{391}{2} = 195.5 \quad g/eq$$

و) $Na_2S_2O_3$ بتفاعل تأكسد واختزال الاتي



$$2S_2O_3^{-2} \longrightarrow S_4O_6^{-2}$$

$M_{Na_2S_2O_3} = (2 \times 23) + (1 \times 32) + (3 \times 16) = 158 \quad g/mol$

$\eta =$ عدد الالكترونات المفقودة $= 1 \quad eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{158}{1} = 158 \quad g/eq$$

س9 ما هي مولارية وعيارية محلول هيدروكسيد الباريوم المحضر بإذابة 9.5 g من هذه المادة في 2L من المحلول المستعمل في تفاعل حامض - قاعدة؟

الحل:

هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$

$M = (1 \times 137) + [2(1 \times 16) + (1 \times 2)] = 171 \quad g/mol$

$$M = \frac{m}{M \times V(L)} = \frac{9.5}{171 \times 2} = 0.027 \quad mol/L$$

$$N = \eta \times M$$

حيث ان $\eta = 2$

$$N = 2 \times 0.027 = 0.054 \quad eq/L$$

س5 نقطة 3 املأ الفراغات الاتية: محلول من $Al_2(SO_4)_3$ عياريته 0.3 N فأن مولارية المحلول ------- .

اذا جاء الملح وحدة من دون معادلة فيعتبر تركيب

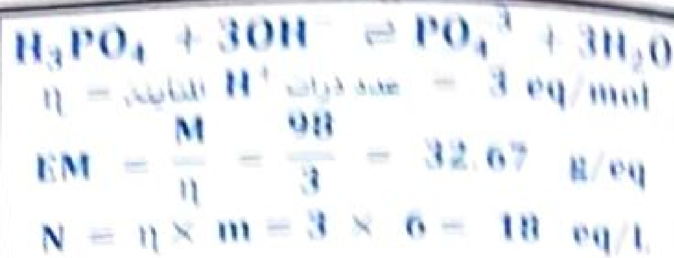
$\eta =$ عدد الأيونات الموجبة × تكافؤها

$\eta = 2 \times +3 = 6 \quad eq/mol$

$N = \eta \times M$

$$M = \frac{N}{\eta} = \frac{0.3}{6} = 0.05 \quad mol/L$$

س 10/ احسب الكتلة المكافئة والعيارية لمحلول تركيزه 6.0 M من حامض الفسفوريك H_3PO_4 $M = 98\ g/mol$ عند اشتراك هذه المادة في التفاعلات الآتية:

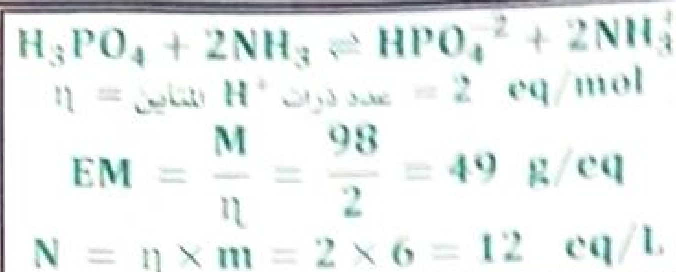


$$H_3PO_4 + 3OH^- \rightleftharpoons PO_4^{-3} + 3H_2O$$

$\eta =$ عدد ذرات H^+ المتأينة $= 3\ eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{98}{3} = 32.67\ g/eq$$

$$N = \eta \times m = 3 \times 6 = 18\ eq/L$$

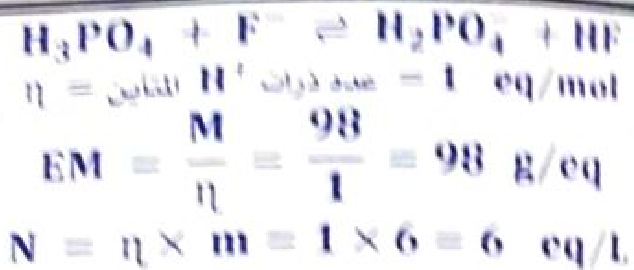


$$H_3PO_4 + 2NH_3 \rightleftharpoons HPO_4^{-2} + 2NH_4^+$$

$\eta =$ عدد ذرات H^+ المتأينة $= 2\ eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{98}{2} = 49\ g/eq$$

$$N = \eta \times m = 2 \times 6 = 12\ eq/L$$



$$H_3PO_4 + F^- \rightleftharpoons H_2PO_4^- + HF$$

$\eta =$ عدد ذرات H^+ المتأينة $= 1\ eq/mol$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{98}{1} = 98\ g/eq$$

$$N = \eta \times m = 1 \times 6 = 6\ eq/L$$

ملاحظة/ ان قيمة η في هذه التفاعلات تمثل عدد ذرات الهيدروجين المتأينة في نواتج المعادلات.

الطايرة

الادوات المستعملة في التحليل الحجمي:

1- **الدورق الحجمي:** يستعمل لقياس حجم المحلول بشكل دقيق اثناء تحضيره.

2- **السحاحة:** تستعمل لقياس حجم المحلول المستهلك في التسحيح بدقة.

3- **الماصة:** تستعمل لقياس حجم معلوم ومضبوط من المحلول لغرض نقله من وعاء الى آخر.

حسابات نتائج التحليل الحجمي:

ان الهدف من اجراء اي عملية تحليل حجمية هو اضافة محلول قياسي بكمية مكافئة كيميائياً للمادة مجهولة الكمية وهذا الشرط يتحقق في عملية التسحيح كما هو معلوم فقط عند نقطة معينة في عملية التسحيح تدعى من الناحية النظرية بـ نقطة التكافؤ ، وهي النقطة التي يتغير فيها أحد صفات المحلول كاللون مثلا .

ملخص القوانين:

التركيز المولاري M	التركيز النورمالي (العياري) N
مولات المادة المعلومة = مولات المادة المجهولة $n = n$ $M_1V_1 = M_2V_2$ $m = M \times V_{(L)} \times M$ $M =$ الكتلة الذرية × عدد الذرات	مكافئات المادة المعلومة = مكافئات المادة المجهولة $eq = eq$ $N_1V_1 = N_2V_2$ $m = N \times V_{(L)} \times EM$ $EM = \frac{M}{\eta}$ ، $N \times V = \frac{m}{EM}$
مكافئات القاعدة = مكافئات الملح + مكافئات الحامض $N \times V + N_1V_1 = N_2V_2$	$N = \eta \times M$

مثال

عملية تحليل حجمية بالاعتماد على عملية التسحيح (مثال عام)

1. تذوب كمية من $Ba(OH)_2$ $(M = 171\ g/mol)$ هيدروكسيد الباريوم في الماء المقطر بشكل تام ثم اكمال حجم المحلول الناتج الى 25 ml من الماء المقطر.

2. تجري عملية التسحيح وذلك بنقل 20 ml من المحلول المحضر للعينة الى دورق مخروطي ذي حجم مناسب.

3. اضافة قطرات من دليل **المثيل الاحمر**: وهي مادة عضوية خاملة لا تشترك في تفاعل التسحيح يتغير لونها من **الاصفر** الى **الاحمر** عند نقطة نهاية التفاعل نتيجة لتغير قيمة PH المحلول فيتلون المحلول باللون **الاصفر**.

4. بدا عملية التسحيح محلول $Ba(OH)_2$ مقابل محلول HCl القياسي ذو تركيز (0.098 N , 0.098 M) وذلك بالاضافة التدريجية لمحلول هذا الحامض الموجود في السحاحة الى محلول العينة الموجود في الدورق المخروطي.

وقد تطلب اضافة 22.4 ml من محلول حامض HCl لحين تغير لون المحلول من الاصفر الى الاحمر (الوصول الى نقطة نهاية التفاعل).

احسب (1) عيارية المحلول (النورمالية N) $Ba(OH)_2$.

(2) عدد غرامات $Ba(OH)_2$.

الحل: (1)

كمية المادة المجهولة = كمية المادة المعلومة

$$E_q = E_q$$

$$N_1V_{1\,\text{حامض}} = N_2V_{2\,\text{قاعدة}}$$

$$N_1V_{1_{HCl}} = N_2V_{2_{Ba(OH)_2}}$$

$$0.098 \times 22.4 = N_2 \times 20$$

$$N_2 = \frac{0.098 \times 22.4}{20} = 0.1097\ eq/L$$

(2) نستخرج m الكتلة

$$\eta\ Ba(OH)_2 = \text{عدد}\ OH^-\ \text{المتاينة} = 2\ eq/mol$$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{171}{2} = 85.5\quad g/eq$$

$$m = N \times V_{(L)} \times EM$$

$$m = 0.098 \times \frac{25}{1000} \times 85.5$$

$$m = 0.098 \times 0.025 \times 85.5$$

$$m = 0.235\ g\quad \text{كتلة}\ Ba(OH)_2$$



تمرين 12

تم تقدير محتوى النيكل في عينة بعملية تسحيح تعتمد على التفاعل الاتي:

$Ni^{+2} + 4CN^- \longrightarrow Ni(CN)_4^{-2}$ تكوين معقد

فاذا علمت ان 160 mg من العينة قد استهلكت في تسحيح 38.3 ml من محلول KCN القياسي بتركيز 0.137 N للوصول الى نقطة نهاية التفاعل . احسب النسبة المئوية لاوكسيد النيكل Ni_2O_3 في العينة؟ $(M = 165\ g/mol)$

الحل:

$\eta_{(\text{للمعقدات})} =$ عدد المزدوجات التي يمنحها الليكند × عدد ذرات الايون

$\eta = 2 \times 4 = 8\ eq/mol$

او بصورة ابسط : من السؤال نلاحظ ان المعادلة هي معادلة تكوين معقد حيث ان كل ايون Ni اكتسب 4 مزدوجات الكترونية وبما ان توجد ذرتين Ni في Ni_2O_3 اذا Ni_2 سوف تكتسب 8 مزدوجات الكترونية

تجري عملية تسحيح بين سيانيد البوتاسيوم القياسي واوكسيد النيكل:

$$N_1V_{1_{Ni_2O_3}} = N_2V_{2_{KCN}}$$

$$N_1V_{1_{Ni_2O_3}} = 0.137 \times \frac{38.3}{1000}$$

$$N_1V_{1_{Ni_2O_3}} = 0.00524 = 5.24 \times 10^{-3}\ eq$$

نجد ان كتلة اوكسيد النيكل :

$$m_{Ni_2O_3} = N \times V \times EM$$

$$m_{Ni_2O_3} = 5.24 \times 10^{-3} \times \frac{M}{\eta}$$

$$m_{Ni_2O_3} = 5.24 \times 10^{-3} \times \frac{165}{8}$$

$$m_{Ni_2O_3} = 0.108\ g$$

نجد ان النسبة المئوية لاوكسيد النيكل:

$$\%Ni_2O_3 = \frac{m(Ni_2O_3)}{m_{\text{العينه}}} \times 100\%$$

$$\%Ni_2O_3 = \frac{0.108}{\frac{160}{1000}} \times 100\%$$

$$\%Ni_2O_3 = 67.5\%$$



قد قمنا بتقسيم كتلة العينة على 1000 لكي تتحول من mg الى g لكي تتساوى الوحدات



تمرين 13

تمت معايرة $0.958\ g$ من عينة تحتوي حامض الخليك CH_3COOH $M = 60\ g/mol$ بالتسحيح مع محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي بتركيز $0.225\ N$ فاذا علمت ان حجم محلول القاعدة المضاف من السحاحة اللازم للوصول الى نقطة نهاية التفاعل بلغ $33.6\ ml$ احسب النسبة المئوية لحامض الخليك في العينة؟

الحل: تجري عملية التسحيح بين هيدروكسيد الصوديوم القياسي وحامض الخليك



$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

المادة هنا حامض الخليك حيث ان $\eta = 1\ eq/mol$

$$N_1V_{1\,CH_3COOH} = N_2V_{2\,NaOH}$$

$$N_1V_{1\,CH_3COOH} = 0.225 \times \frac{33.6}{1000} = 0.00756 = 7.56 \times 10^{-3}\ \ eq$$

نجد كتلة حامض الخليك

$$m_{CH_3COOH} = N \times V \times EM$$

$$m_{CH_3COOH} = 7.56 \times 10^{-3} \times \frac{M}{\eta} = 7.56 \times 10^{-3} \times \frac{60}{1} = 0.4536\ g$$

نجد النسبة المئوية لحامض الخليك

$$\%(CH_3COOH) = \frac{m_{CH_3COOH}}{m_{العينة}} \times 100\%$$

$$\%(CH_3COOH) = \frac{0.4536}{0.958} \times 100\% = 47.34\%$$

مثال 8

في عملية تسحيح حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ $M = 90\ g/mol$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم تطلب تسحيح $0.1743\ g$ من عينة غير نقية لهذا الحامض اضافة $39.82\ ml$ من $0.09\ M$ من محلول القاعدة للوصول الى نقطة نهاية التفاعل احسب النسبة المئوية لحامض الاوكزاليك في العينة؟

الحل: تجري عملية التسحيح بين هيدروكسيد الصوديوم القياسي وحامض الاوكزاليك



$$1\,H_2C_2O_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2C_2O_4 + 2H_2O$$

بما انه 2 مول من القاعدة تكافئ 1 مول من الحامض اذاً

$$\frac{M_1V_{1\,للحامض}}{1} = \frac{M_2V_{2\,للقاعدة}}{2}$$

$$M_1V_{1\,H_2C_2O_4} = \frac{0.09 \times \frac{39.82}{1000}}{2} = 0.00179 = 1.79 \times 10^{-3}\ \ mol$$

نجد كتلة حامض الاوكزاليك

$$m_{H_2C_2O_4} = M \times V_{(L)} \times M$$

$$m_{H_2C_2O_4} = 1.79 \times 10^{-3} \times 90 = 0.16\ \ g$$

نجد النسبة المئوية

$$\%(H_2C_2O_4) = \frac{m_{(H_2C_2O_4)}}{m_{العينة}} \times 100\,\%$$

$$\%(H_2C_2O_4) = \frac{0.16}{0.1743} \times 100\,\% = 91.8\ \%$$

س8 ماهي مولارية حامض الهيدروكلوريك اذا علمت ان 36.7 ml من محلول هذا الحامض تكافئ 43.2 ml من محلول 0.236 M هيدروكسيد الصوديوم؟



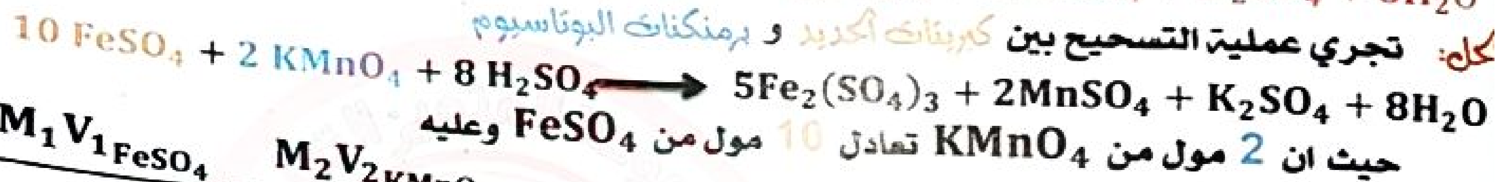
الحل: نلاحظ ان مول واحد من القاعدة يكافئ مول واحد من الحامض وعليه

$$M_1V_{1_{HCl}} = M_2V_{2_{NaOH}}$$
$$M_1 \times 36.7 = 0.236 \times 43.2$$
$$M_1 = \frac{0.236 \times 43.2}{36.7} = 0.278\ M$$ مولارية حامض HCl

س11 ما حجم محلول برمنكنات البوتاسيوم تركيزه 0.2 m اللازم لتسحيح تفاعل تأكسد واختزال 40 ml من محلول 0.1 M كبريتات الحديد (II) في محيط حامضي علما ان معادلة التسحيح هي:



الحل: تجري عملية التسحيح بين كبريتات الحديد و برمنكنات البوتاسيوم



حيث ان 2 مول من $KMnO_4$ تعادل 10 مول من $FeSO_4$ وعليه

$$\frac{M_1V_{1_{FeSO_4}}}{10} = \frac{M_2V_{2_{KMnO_4}}}{2}$$
$$\frac{0.1 \times 40}{10} = \frac{0.2 \times V_2}{2}$$
$$V_2 = \frac{2 \times 0.1 \times 40}{10 \times 0.2} = 4\ ml$$ (وسطين × طرفين)

س10 ما تركيز محلول كلوريد الصوديوم الناتج من:

أ) مزج 10 ml من محلول 0.15 M كلوريد الصوديوم مع 10 ml من الماء المقطر؟

بما ان محلول NaCl مزج مع الماء اي (تخفيف)

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$0.15 \times 10 = M_2 \times (10 + 10)$$
$$1.5 = M_2 \times 20 \rightarrow M_2 = \frac{1.5}{20} = 0.075\ M$$

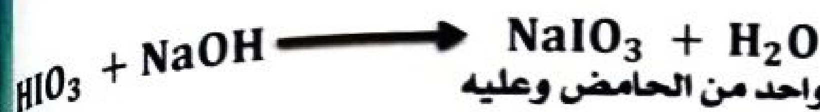
ب) مزج 10 ml من محلول 0.15 M كلوريد الصوديوم مع 10 ml من محلول 0.3 M كلوريد الصوديوم؟

المحلول الاول	المحلول الثاني
$M_1V_1 = M_2V_2$	$M_1V_1 = M_2V_2$
$0.15 \times 10 = M_2 \times (10 + 10)$	$0.3 \times 10 = M_2 \times (10 + 10)$
$1.5 = M_2 \times 20$	$3 = M_2 \times 20$
$M_2 = \frac{1.5}{20} = 0.075\ M$	$M_2 = \frac{3}{20} = 0.15\ M$

$$M_T = M_2 + M_1 \Rightarrow M_T = 0.75 + 0.15 \Rightarrow M_T = 0.225\ M$$

س14 تمت معايرة 50 ml من محلول حامض HIO_3 $M = 176\ g/mol$ بالتسحيح من محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي بتركيز 0.145 N فأذا علمت ان حجم محلول القاعدة المضاف من السحاحة اللازم للوصول الى نقطة نهاية التفاعل بلغ 45.8 ml احسب:

أ) التركيز العياري لحامض HIO_3



$$HIO_3 + NaOH \longrightarrow NaIO_3 + H_2O$$

نلاحظ ان مول واحد من القاعدة يكافئ مول واحد من الحامض وعليه

$$N_1V_{1\,HIO_3} = N_2V_{2\,NaOH}$$

$$N_1 \times 50 = 0.145 \times 45.8$$

$$N_1 = \frac{0.145 \times 45.8}{50} = 0.132 \quad eq/L$$

ب) ماهي عيارية محلول الحامض نفسه عند استعماله في تقدير الحديد احسب التفاعل الاتي:



$$HIO_3 + 4FeCl_2 + 5H_3O^+ + 6Cl^- \longrightarrow 4FeCl_3 + ICl_2^- + 8H_2O$$

الحل: في التفاعل السابق $\eta = 1$ للحامض لذلك يجب ايجاد كتلة الحامض عندما كان تركيزه النورمالي (العياري) يساوي 0.13 N

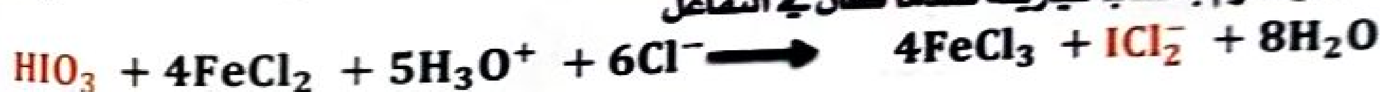
$$m_{HIO_3} = N \times V \times EM$$

$$m_{HIO_3} = 0.13 \times \frac{50}{1000} \times \frac{M}{\eta}$$

$$m_{HIO_3} = 0.13 \times 0.05 \times \frac{176}{1}$$

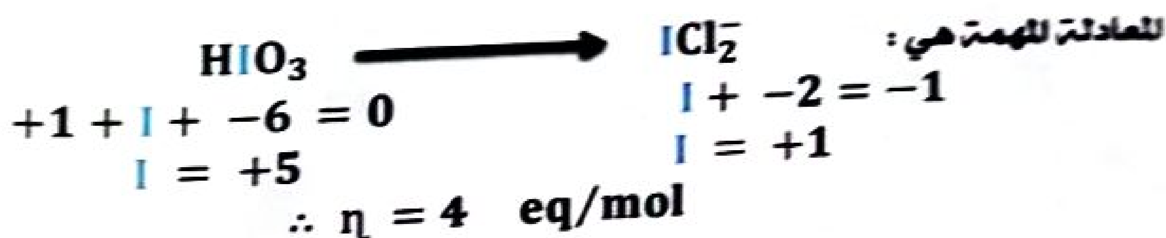
$$m_{HIO_3} = 1.144 \quad g$$

الان نقوم بحساب عياريته عندما كان في التفاعل



$$HIO_3 + 4FeCl_2 + 5H_3O^+ + 6Cl^- \longrightarrow 4FeCl_3 + ICl_2^- + 8H_2O$$

للعادلة المهمة هي:



$$HIO_3 \longrightarrow ICl_2^-$$

$$+1 + I + -6 = 0 \qquad I + -2 = -1$$

$$I = +5 \qquad I = +1$$

$$\therefore \eta = 4 \quad eq/mol$$

نقوم بايجاد العيارية (النورمالية) من العلاقة التالية

$$m = N \times V \times EM$$

$$N = \frac{m}{V \times EM} = \frac{1.144}{0.05 \times \frac{176}{4}} = 0.52 \quad N$$

س15 لمعايرة محلول NaOH ولايجاد تركيزه بشكل مضبوط تم تسحيح 25 ml منه مع محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 ذو تركيز 0.08 M وكان الحجم المضاف من الحامض اللازم للوصول الى نقطة النهاية هو 47.1 ml احسب التركيز المولاري لمحلول هيدروكسيد الصوديوم ثم جد عدد غرامات NaOH المذابة في 500 ml من هذا المحلول؟ $M = 40\ g/mol$

الحل: تجري عملية التسحيح بين هيدروكسيد الصوديوم وحامض الكبريتيك القياسي

$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$


نلاحظ ان مول واحد من الحامض يكافئ 2 مول من القاعدة وعليه

اذا اعطى الحجمين كماده

$$\frac{M_1 V_{1_{NaOH}}}{2} = \frac{M_2 V_{2_{H_2SO_4}}}{1}$$

$$\frac{M_1 \times 2}{2} = \frac{0.08 \times 47.1}{1}$$

(وسطين × طرفين)

$$M_1 = \frac{2 \times 0.08 \times 47.1}{25 \times 1} = 0.3\ M$$

نجد عدد الغرامات (الكتلة) من القانون

$$m = M \times V_{(L)} \times M$$

$$m = 0.3 \times \frac{500}{1000} \times 40 = 6\ g$$

محلول مكرر وزاري

س18 اذيب 4.29 g من بلورات كاربونات الصوديوم المائية $Na_2CO_3 . XH_2O$ في قليل من الماء المقطر ثم أكمل حجم المحلول الى 250 ml فاذا علمت ان 25 ml من المحلول الاخير تحتاج الى 15 ml من محلول HCl عياريته 0.2 N لمكافئته. ما عدد جزيئات الماء (X) في الصيغة الكيميائية لكاربونات الصوديوم المائية؟

الحل: لأستخراج عدد جزيئات الماء يجب استخراج الكتلة المولية للمركب $Na_2CO_3 \cdot X\,H_2O$ حيث ان

$$M = (2 \times Na) + (C) + (3 \times O) + (X * 2 \times H + O)$$

$$M = 2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 + (X * 2 \times 1 + 16) = 46 + 12 + 48 + (X * 18)$$

$$M = 106 + 18X$$

اذا نقوم باستخراج الكتلة المولية للمركب $(Na_2CO_3 \cdot X\,H_2O)$ حيث ان

$\eta =$ عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

$$\eta = 2 \times +1 = 2\ eq/mol$$

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

ملازم ووزاريات المتميز
تليكرام @m1sades

$$N_1 \times 25 = 0.2 \times 15 = \frac{0.2 \times 15}{25} = \frac{3}{25} = 0.12\ N$$

$$m = N \times V \times EM$$

$$4.92 = 0.12 \times \frac{25}{1000} \times \frac{M}{\eta}$$

$$4.92 = 0.12 \times 0.025 \times \frac{M}{2} = \frac{4 \times 4.92}{0.12 \times 0.025} = \frac{8.58}{0.03} = 286\ g/mol$$

$$M = 106 + 18X$$

نعوض الكتلة المولية في المعادلة

$$286 = 106 + 18X$$

$$18X = 286 - 106 \rightarrow 18X = 180 \rightarrow X = 10$$

وعليه ستكون الصيغة



$$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$$

س20 اذيب 2.5 g من كاربونات فلز ثنائي التكافؤ MCO_2 حيث ان (M تمثل الفلز) في 100 ml من محلول حامضي تركيزه (0.6 N) وبعد انتهاء التفاعل بين الحامض وجد ان المحلول الناتج يحتاج اضافة 50 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.2 N لمعادلته. احسب الكتلة المولية للفلز ثم حدد هويته؟

الحل : في البداية كان المحلول كما يلي

مكافئات الحامض = مكافئات الم...

وبما ان المحلول احتاج اضافة قاعدة عندها اصبح المحلول

مكافئات الحامض = مكافئات القاعدة + مكافئات الم...

$$N \times V + N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$\frac{m}{EM} + 0.2 \times \frac{50}{1000} = 0.6 \times \frac{100}{1000}$$

$$\frac{2.5}{EM} + 0.2 \times 0.05 = 0.6 \times 0.1$$

$$\frac{2.5}{EM} + 0.01 = 0.06$$

$$\frac{2.5}{EM} = 0.06 - 0.01$$

$$EM = \frac{2.5}{0.05} = 50 \quad g/eq$$



حيث ان

η = عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

$$\eta = 1 \times +2 = 2 \quad eq/mol$$

$$EM = \frac{M}{\eta} \Rightarrow 50 = \frac{M}{2} \Rightarrow M = 100 \quad g/mol$$

ولايجاد هوية الفلز

$$M = MCO_3$$

$$100 = M + 12 + (3 \times 16)$$

$$100 = M + 60$$

$$M = 100 - 60 = 40 \quad g/mol$$

(الكالسيوم)

س21 اضيف 20 ml من محلول برمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$ تركيزه 0.3 N الى كمية وافية من محلول يوديد البوتاسيوم KI المحمض فتحررت كمية من اليود I_2 التي تم تسحيحها مع محلول ثايوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ $(M = 158\ g/mol)$ حسب التفاعل الاتي:



حيث استهلك 25 ml من هذا المحلول للوصول الى نقطة نهاية التفاعل احسب

أ- عيارية محلول $Na_2S_2O_3$ ؟

ب- عدد غرامات ثايوكبريتات الصوديوم المذابة في 1L من هذا المحلول؟

الحل : أ- عيارية محلول $Na_2S_2O_3$

ان عملية التسحيح تجري بين برمنكنات البوتاسيوم وثايوكبريتات الصوديوم حيث ان

$$N_1V_{1\ Na_2S_2O_3} = N_2V_{2\ KMnO_4}$$

$$N_1 \times 25 = 0.3 \times 20$$

$$N_1 = \frac{0.3 \times 20}{25} = 0.24 \quad eq/L$$

ب- عدد غرامات ثايوكبريتات الصوديوم المذاب في 1 L من هذا المحلول



$$+2 + 2S - 6 = 0 \qquad\qquad + 2 + 4S - 12 = 0$$

$$2S = +6 - 2 \qquad\qquad 4S = +10$$

$$S = +2 \qquad\qquad S = \frac{10}{4} = 2.5$$

$$\eta = 2 \times 0.5 = 1 \quad eq/mol$$

$$m = N \times V \times EM$$

$$m = 0.25 \times 1 \times \frac{M}{\eta}$$

$$m = 0.24 \times 1 \times \frac{158}{1} = 37.92 \quad g$$

س22 / ما كتلة كبريتات الباريوم $BaSO_4$ $(M = 233\ g/mol)$ التي تترسب تماما عند مزج كمية كافية من محلول $BaCl_2$ $(M = 208\ g/mol)$ مع $100\ ml$ من محلول حامض الكبريتيك $(M = 98\ g/mol)$ علما ان $20\ ml$ من نفس الحامض تحتاج $16\ ml$ من $NaOH$ تركيزها $0.1\ M$ لمعادلته؟



$$1H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

نلاحظ ان 2 مول من القاعدة تكافئ 1 مول من الحامض وعليه

$$\frac{M_1 V_{1\,H_2SO_4}}{1} = \frac{M_2 V_{2\,NaOH}}{2}$$

$$\frac{M_1 \times 20}{1} = \frac{0.1 \times 16}{2}$$

$$M_1 = \frac{0.1 \times 16}{2 \times 20} \Rightarrow M_1 = M_{H_2SO_4} = 0.04\ M$$

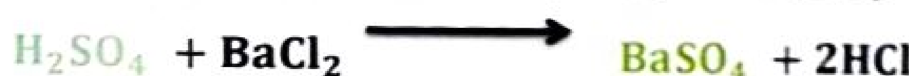
نجد كتلة حامض الكبريتيك H_2SO_4 في $100\ ml$

$$m = M \times V_{(L)} \times M$$

$$m = 0.04 \times \frac{100}{1000} \times 98$$

$$m = 0.392\ g$$

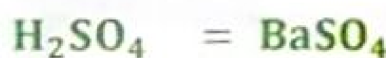
لايجاد كتلة $BaSO_4$ نكتب المعادلة



$$H_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4 + 2HCl$$

من المعادلة الموزونة نجد ان :

مولات H_2SO_4 مساوية الى مولات $BaSO_4$ وعليه



$$H_2SO_4 = BaSO_4$$

$$\eta = \eta$$

$$\frac{m}{M} = \frac{m}{M}$$

$$\frac{0.392}{98} = \frac{m}{233}$$

$$m_{BaSO_4} = \frac{0.392 \times 233}{98} = 0.932\ g$$



س12 اختر الجواب الصحيح:

1 قيمة η لملح كبريتات الحديد (III) $Fe_2(SO_4)_3$ المستعمل في تفاعل ترسيب ايون الرصاص هي:

أ- 4 eq/mol ب- 5 eq/mol جـ 6 eq/mol

التوضيح:

η = عدد الايونات الموجبة × تكافؤها

$\eta = +3 \times 2 = 6$ eq/mol

2 يمكن فصل ايون Cu^{+2} من Ca^{+2} باضافة

أ- حامض HCl المخفف.

ب- امرر غاز H_2S بوجود NH_4OH ، NH_4Cl في المحلول.

جـ امرار غاز H_2S بوجود HCl المخفف في المحلول

3 النسبة المئوية لمبيد الحشرات $C_{14}H_9Cl_5$ (DDT) في عينة غير نقية منه تم تحليل 0.74 g منها وزنيا لتعطي 0.253g من AgCl هي

أ- %17 ب- %19 جـ %21

علما ان Cl = 35.5 ، Ag = 108 ، C = 12 ، H = 1 (راجع الملزمة صفحة 56)

4 تدعى الطريقة الوزنية المعتمدة على تسخين او حرق كتلة معينة من عينة في جو من الهواء المفتوح ثم ايجاد كتلة المكون المتطاير من الفرق الحاصل في كتلة العينة ب:

أ- طريقة التطاير المباشرة. ب- طريقة التطاير غير المباشرة. جـ طريقة الترسيب.

5 في عمليات التحليل الوزني المعتمد على تفاعلات الترسيب:

أ- يفضل ان يتم الحصول على راسب بشكل عالق غروي.

ب- يفضل ان يتم الحصول على راسب متبلور.

جـ لا يهم نوع الراسب الذي يتم الحصول عليه.

6 تمثل النسبة بين الكتلة المولية للمكون المراد تقديره الى الكتلة المولية للصيغة الوزنية على شرط ان تحتوي كلتا الصيغتين على نفس العدد من ذرات العناصر (او جزيئات المكون المراد تقديره):

أ- صيغة الترسيب ب- الصيغة الوزنية جـ المعامل الوزني



تعرف كتلة المادة التي تنتج او تستهلك مول واحد من المكون الفعال :

أ - الكتلة المكافئة ب- الكتلة المولية جـ- الكتلة القياسية



عيارية المحلول الناتج من اذابة 13 g من العامل المؤكسد $K_2Cr_2O_7$ كتلته المولية $M = 294\ g/mol$ في 500 ml من الماء النقي هي:

أ- 0.53 mol/L ب- 0.53 eq/L جـ- 3.18 eq/L

التوضيح :

$$\eta_{K_2Cr_2O_7} = 8 \quad eq/mol$$

$$EM = \frac{M}{\eta} = \frac{294}{6} = 49\ \ g/eq$$

$$m = N \times V \times EM \quad \rightarrow \quad N = \frac{m}{V \times EM} = \frac{13}{\frac{500}{1000} \times 49} = 0.53\ eq/L$$





س 1 صفحة 42	س 2 صفحة 42	س 3 صفحة 44
س 4 صفحة 43	س 5 صفحة 43 - 48 - 59 - 64	س 6 صفحة 53
س 7 صفحة 47	س 8 صفحة 69	س 9 صفحة 64
س 10 صفحة 69	س 11 صفحة 69	س 12 صفحة 56 - 75-76
س 13 صفحة 52	س 14 صفحة 70	س 15 صفحة 71
س 16 صفحة 53	س 17 صفحة 55	س 18 صفحة 71
س 19 صفحة 65	س 20 صفحة 72	س 21 صفحة 73
س 22 صفحة 74	انتهى	

من تواضع لله رفعه

ملزمة ملازم ووزاريات المتميز

مفتاح الكيمياء



للصف السادس الاحيائي

الفصل السابع

اعداد الاستاذ:حسين قيس الهاشمي

تابعونا على تليكرام
@m1sades



الفصل السابع

الكيمياء العضوية

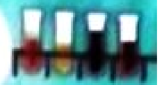
الكيمياء العضوية: وهي فرع من فروع علم الكيمياء يهتم بدراسة خواص وتركيب وتفاعلات الانواع المختلفة للمركبات التي يكون فيها عنصر الكاربون اساسا في تكوينها ، اضافة الى عناصر اخرى مثل الهيدروجين والاوكسجين والنيتروجين .

❖ ترتبط ذرات الكاربون في المركبات العضوية بواسطة اواصر تساهمية مفردة حيث تسمى هيدروكاربونات مشبعة (الكانات) .

الجناس - الايزومرات: وهي المركبات العضوية التي تكون مختلفة من ناحية الصيغة البنائية (التركيبية) ومختلفة في خواصها الفيزيائية والكيميائية ولكنها تشترك بصيغة جزيئية واحدة .



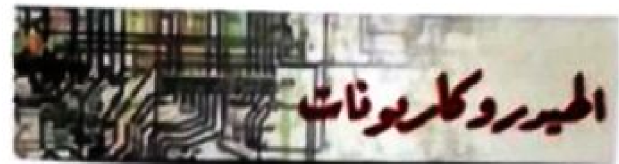
- المركبات العضوية
  - الهيدروكاربونات
    - مشبعة
      - الكانات
    - غير مشبعة
      - الكينات
      - الكاينات
  - الهيدروكاربونات المعوضة
    - هالديات الالكيل
    - الكحولات
    - الايثرات
    - الدهايدات وكيتونات
    - الحوامض العضوية
    - الاسترات
    - الامينات



تسمية الالكانات والالكينات والالكاينات

جدول يبين اختلاف تسمية الالكانات والالكينات والالكاينات

عدد ذرات الكاربون	المقطع اللاتيني	الكان ان	الكين ين	الكاين اين
C_1	ميت	ميثان		
C_2	ايث	ايثان	ايثين	ايثاين (استلين)
C_3	بروب	بربان	بروبين	بروباين
C_4	بيوت	بيوتان	بيوتين	بيوتاين
C_5	بنت	بنتان	بنتين	بنتاين
C_6	هكس	هكسان	هكسين	هكساين
C_7	هبت	هبتان	هبتين	هبتاين
C_8	اوكت	اوكتان	اوكتين	اوكتاين



الهيدروكاربونات

01 - الالكانات

وهي مركبات عضوية تحتوي على كاربون وهيدروجين فقط وتكون جميع اواصرها تساهمية مفردة قوية.

القانون العام لها C_nH_{2n+2}

الصيغة العامة لها R-H

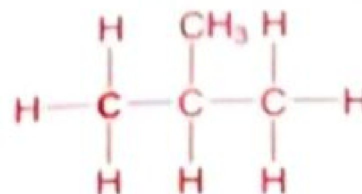
امثلة

مثال 1

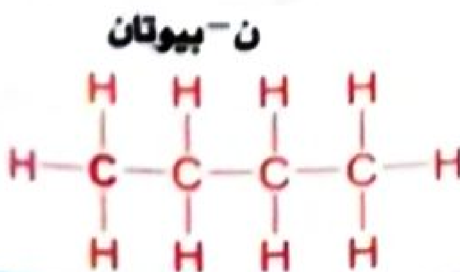
ما الصيغتان البنائيتان للمركبين ن- بيوتان و 2- مثيل بروبان والتي لهما نفس الصيغة الجزيئية C_4H_{10} ؟

الحل/

2- مثيل بروبان



ن- بيوتان

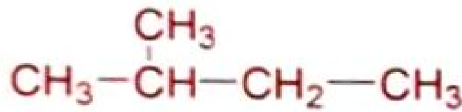


تمرين 1 اكتب جميع الصيغ التركيبية للمركب C_5H_{12} مع تسميتها؟

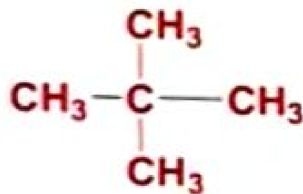


الحل/

ن- بنتان



2- مثيل بيوتان



2.2- ثنائي مثيل بروبان

02 مجاميع الالكيل



وهي الكائنات فاقدة ذرة هيدروجين

القانون العام لها C_nH_{2n+1} الصيغة العامة R

أمثلة


مثيل


اثيل


بروبيل

03 الكينات

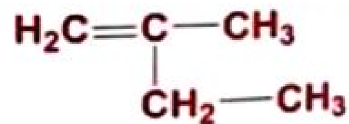


وهي مركبات عضوية تحتوي على كاربون وهيدروجين فقط وتكون غير مشبعة اي انها تحتوي على اصرة مزدوجة =

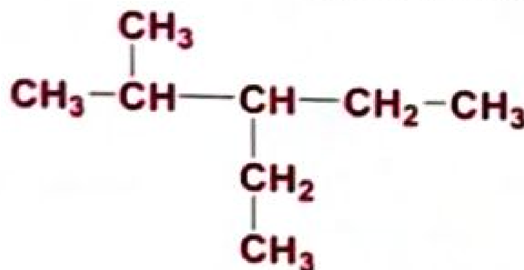
القانون العام لها C_nH_{2n} الصيغة العامة



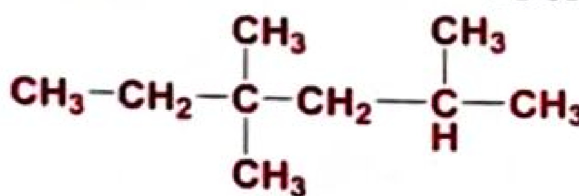

مثال 2 ما اسم المركبات التالية حسب نظام الـ IUPAC ؟



2-مثيل - 1- بيوتين



3-اثيل-2-مثيل بنتان



4.4.2 - ثلاثي مثيل هكسان

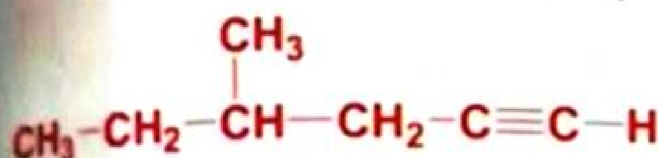
04- الالكاينات

وهي مركبات عضوية تحتوي على كاربون وهيدروجين فقط وتكون غير مشبعة اي تحتوي على اصرة ثلاثية واحدة ≡

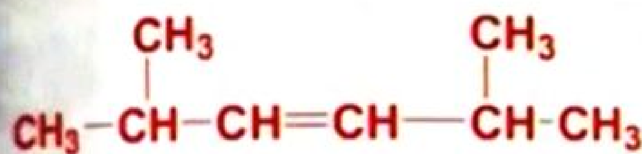
القانون العام لها C_nH_{2n-2}

الصيغة العامة لها $R-C\equiv C-H$

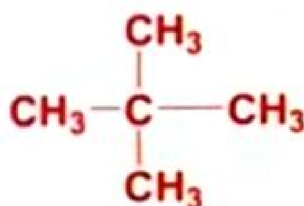
تمرين 2 اكتب اسماء المركبات التالية حسب نظام IUPAC



4-مثيل 1-بنتاين



2،4-ثنائي مثيل 3-بنتاين



2،2-ثنائي مثيل بروبان



الهيدروكاربونات المعوضة

وهي المركبات العضوية التي تحتوي على كاربون وهيدروجين وعنصر ثان (N,O,X)
جدول يبين المجاميع الوظيفية في المركبات العضوية (المجاميع الفعالة)

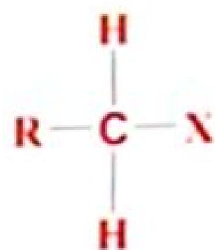
اسم المركب	الصيغة العامة	مقطع التسمية	القانون العام	مثال
هالديات الكول	R-X	يل	$C_nH_{2n+1}X$	CH_3Br بروميد المثيل
كحولات	R-OH	ول	$C_nH_{2n+2}O$	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$ ايثانول
ايثرات	R-O-Ŕ	ايثر	$C_nH_{2n+2}O$	$CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$ ثنائي مثيل ايثر
الدهايدات	R—C(=O)—H	ال	$C_nH_{2n}O$	$CH_3-C(=O)-H$ ايثانول
الكيتونات	R—C(=O)—R	ون	$C_nH_{2n}O$	$CH_3-C(=O)-CH_3$ بروبانون
الحوامض الكاربوكسيلية	R—C(=O)—OH	ويك	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3-C(=O)-OH$ حامض الايثانويك
الاسترات	R—C(=O)—OR	اسم الالكيل +وات	$C_nH_{2n}O_2$	$CH_3-C(=O)-O-CH_3$ مثيل ايثانوات
الامينات	R-NH₂ R-NH-Ŕ	امين	$C_nH_{2n+3}N$	$CH_3-CH_2-NH_2$ اثيل امين

1 هالديات الالكيل R-X

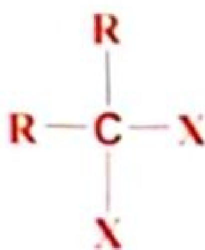
وهي مركبات عضوية ترتبط مجموعة الالكيل -R فيها بذرة هالوجين H- او بصورة اخرى وهي المركبات الناتجة من احلال ذرة هالوجين محل ذرة هيدروجين في الالكانات لذلك تعد من مشتقات الالكانات

الصيغة العامة لها R-H قانونها العام $C_nH_{2n+1}X$ المجموعة الفعالة C-X

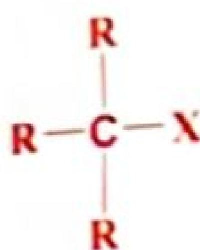
- تصنف هالديات الالكيل الى هاليدات الكيل اولية وثانوية وثالثية



ذرة كاربون اولية
(هاليد الكيل اولي)



ذرة كاربون ثانوية
(هاليد الكيل ثانوي)



ذرة كاربون ثالثية
(هاليد الكيل ثالثي)

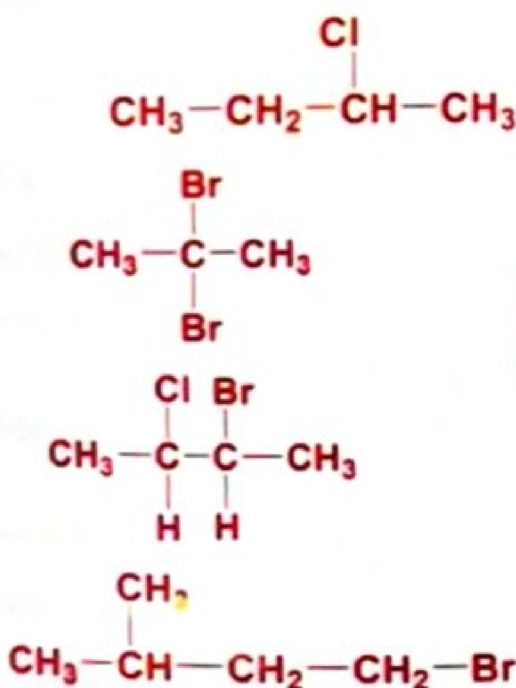
تسمية هالديات الالكيل:

01 يتم اختيار اطول سلسلة كاربونية مستمرة تحتوي ذرة هالوجين ثم نرقمها بحيث نبدأ من الطرف الاقرب.

02 تكتب رقم ذرة الكاربون الحاملة للهالوجين X ثم تكتب اسم الهالوجين (نضع له مقطع و) (برومو - كلورو - يودو) وبعدها نذكر اسم السلسلة الكاربونية.

03 في حال وجود اكثر من ذرة هالوجين هنا تكون الافضلية حسب الاحرف الابجدية (برومو B - كلورو C - يودو I).

امثلة



2- كلورو - بيوتان

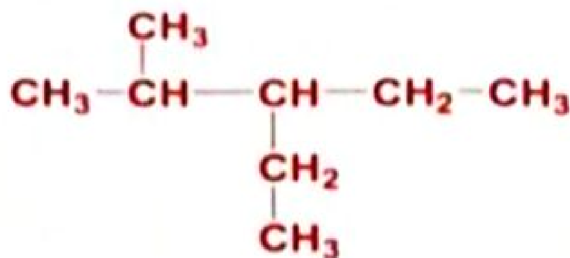
2.2- ثنائي بورمو بروبان

2- برومو .3- كلورو-بيوتان

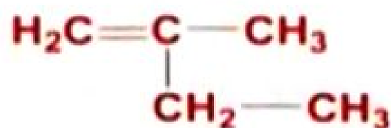
1- برومو 3- مثيل بيوتان



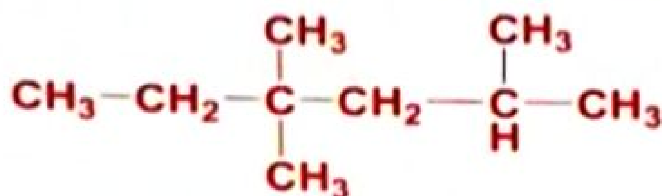
مثال 2 ما اسم المركبات التالية حسب نظام IUPAC



3-اثيل-2-مثيل بنتان

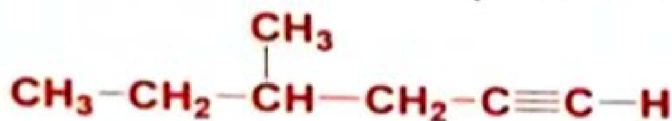


2-مثيل-1-بيوتين



2,4,4-ثلاثي مثيل هكسان

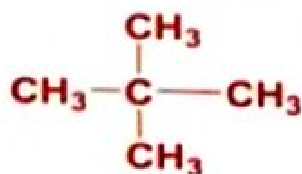
تمرين 2 اكتب اسماء المركبات التالية حسب نظام IUPAC



4-مثيل 1-بنتاين

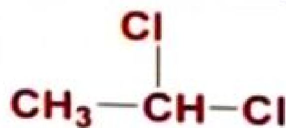


2,5-ثنائي مثيل 3-هكساين

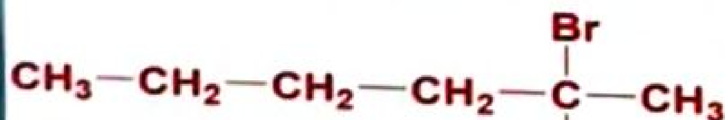


2,2-ثنائي مثيل بروبان

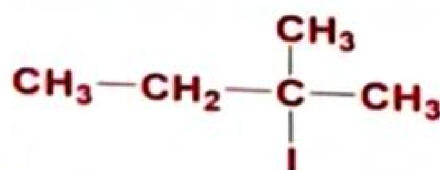
تمرين 3 ارسم الصيغ البنائية لكل مما يأتي :



1,1-ثنائي كلورو ايثان



2-برومو-2-يودو هكسان



2-يودو-2-مثيل بيوتان



اكتب الاسم النظامي لكل من:

أ) 

ثلاثي كلوروميثان (كلوروفورم)

ب) 

1- برومو - 2 - كلوروبروبان

- توجد هناك تسمية قديمة لهاليدات الالكيل
لفظة هاليد + مجموعة الالكيل

- كلوريد المثيل



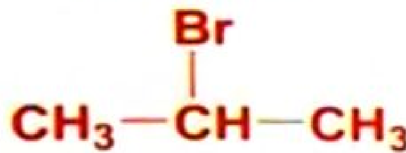
- بروميد المثيل



- كلوريد الاثيل



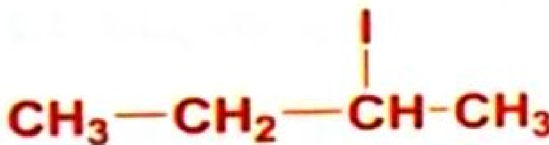
- بروميد الايزوبروبيل



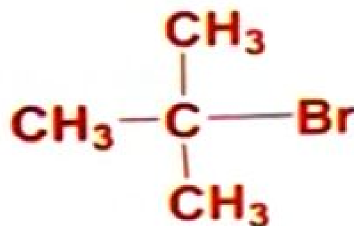
- يوديد البروبيل



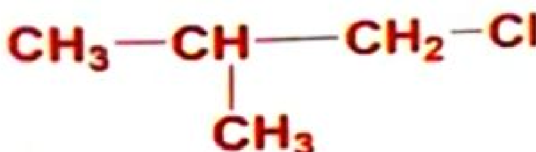
- يوديد البيوتيل الثانوي



- بروميد البيوتيل الثالثي



- كلوريد الايزوبيوتيل



تحضير هاليدات الألكيل: هناك طرائق مختبرية وصناعية متعددة لتحضير هاليدات الالكيل وسنقتصر على طريقة مختبرية واحدة وهي:

إضافة هاليد الهيدروجين الى الالكين: عند تفاعل هاليد الهيدروجين HX والذي يشمل (HI , HCl , HBr) مع الالكين ستضاف ذرة هيدروجين الى احدى ذرتي كاربون الاصرة المزدوجة وذرة الهالوجين الى ذرة كاربون الاصرة المزدوجة الاخرى لينتج من ذلك هاليد الكيل.

• يعتبر هذا التفاعل من تفاعلات الاضافة الالكتروفيلية (الباحثة عن الالكترون)

من الامثلة على ذلك اضافة HBr بروميد الهيدروجين الى الاثلين والى 2-بيوتين



بروموايثان

الاثلين



2- بروموبيوتان

2-بيوتين

ميكانيكية التفاعل:

النيوكليوفيل وهو كاشف باحث عن النواة لانه غني بالالكترونات (يمتلك مزدوج واحد او اكثر من الالكترونات) غير المتاصرة.

الالكتروفيل وهو كاشف باحث عن الالكترونات (فقير بالالكترون) لانه يمتلك اوربتال فارغ مهيئ لاستقبال مزدوج الكتروني.



لاحظ التفاعل التالي:

- بروميد الهيدروجين يعطي (H^+ بروتون) (وايون سالب Br^-)



- يضاف البروتون (الايون الموجب) (الالكتروفيل) الى الاصرة المزدوجة للاثلين ليعطي ايون الكاربونيوم



ايون الكاربونيوم

- يهاجم ايون البروميد السالب (الذي يسلك سلوك نيوكليوفيل) ايون الكاربونيوم (الذي يسلك سلوك الكتروفيل) ليعطي ناتج الاضافة هاليد الالكيل (بروموايثان)



بروموايثان

• حيث ان هذه الخطوات تحصل لجميع الالكينات المتناظرة التي تكون متشابهة على طرفي الاصرة المزدوجة فيكون الناتج هو نفسه لعدم اهمية موقع اضافة ذرة الهيدروجين وذرة الهاليد حيث انها في النهاية سوف ينتج نفس المركب.

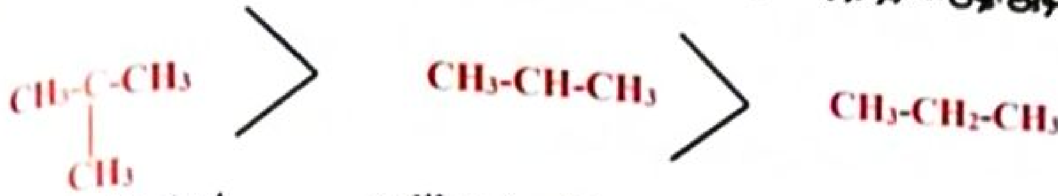


بروموايثان



بروموايثان

- اما في حالة كون الالكين غير متناظر (لا يكون المركب متشابه على طرفي الاصرة المزدوجة) تتم الاضافة حسب قاعدة (ماركونيكوف) والتي تنص على ان: (عند اضافة الكاشف غير المتناظر الى مركبات الاصرة المزدوجة غير المتناظرة فان ايون الهيدروجين (+H الايون الموجب) من الكاشف يضاف الى ذرة كاربون الاصرة المزدوجة التي تحمل العدد الاكبر من ذرات الهيدروجين وتكوين ايون الكاربونيوم الاكثر استقرارا.



- ايون الكاربونيوم الثالثي اكثر استقرارا من ايون الكاربونيوم الثانوي والاخير اكثر استقرار من ايون الكاربونيوم الاولي.

تمرين 4 اكتب تفاعل اضافة HCl مرة الى 1-بيوتين ومرة اخرى الى 2-بيوتين؟



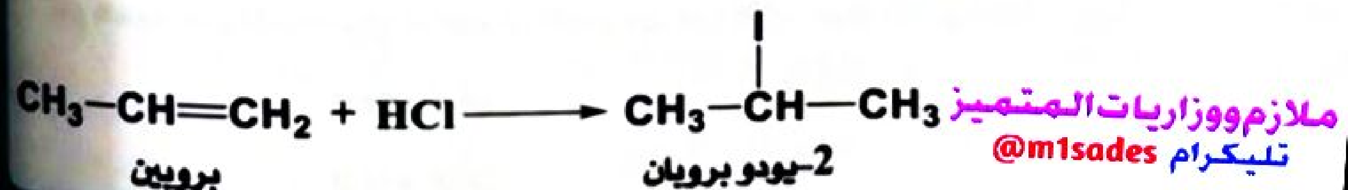


مثال 3 حضر كل مما يأتي :

1) كلورو ايثان من الاثلين

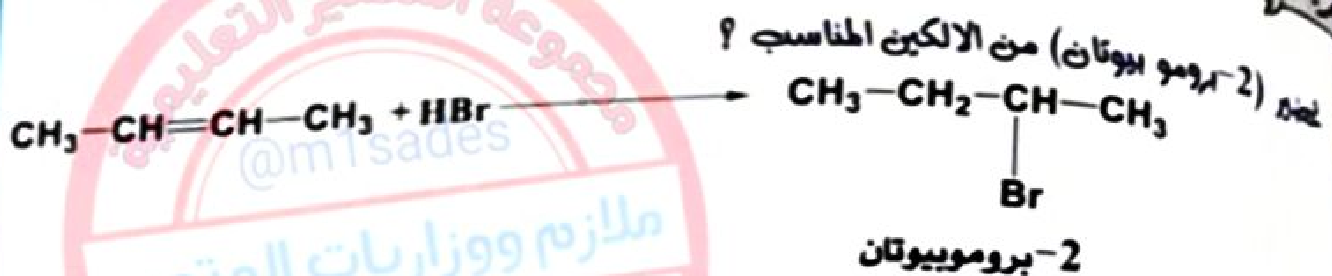


2- يودو بروبان من البروبين



س5/ اكتب المعادلات الكيميائية التي تحقق التفاعلات الاتية :

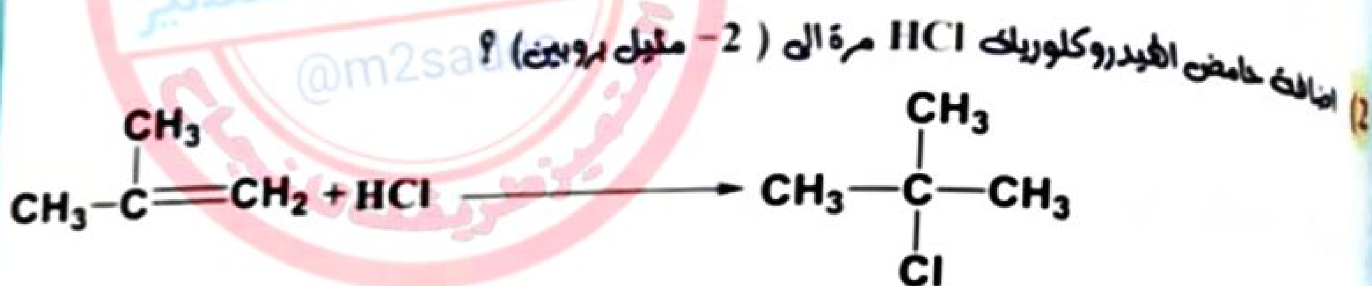
1) تحضير (2-برومو بيوتان) من الالكين المناسب ؟



$$CH_3-CH=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-CH(Br)-CH_3$$

2-برومو بيوتان

2) اضافة حامض الهيدروكلوريك HCl مرة الى (2- مثيل بروبين) ؟



$$CH_3-C(CH_3)=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-C(CH_3)(Cl)-CH_3$$

2-مثيل بروبين — 2 - كلورو - 2 - مثيل بروبان

علل/ ناتج اضافة HBr الى البروبين يكون 2- بروموبروبان وليس 1 بروموبروبان

ج/ وذلك لان الاضافة سوف تكون حسب قاعدة ماركونيكوف فيتكون ايون كاربونيوم ثلاثي اكثر استقرار من الاولي.



$$CH_3-CH=CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3-CH(Br)-CH_3$$

2-بروموبروبان

خواص هاليدات الالكيل:

أ- الخواص الفيزيائية:

علل/ ان هاليدات الالكيل لا تذوب في الماء، ولكنها تذوب في المذيبات العضوية ؟

ج/ وذلك بسبب عدم قابليتها على تكوين اواصر هيدروجينية مع الماء .

* تكون هاليدات الالكيل التي تحتوي على ثلاث ذرات كاربون غازات والتي تحتوي على C_4 الى C_{17} سوائل اما من C_{18} فما فوق فتكون مواد صلبة .

ب- الخواص الكيميائية:

علل/ تكون الاصرة بين ذراتي الكاربون والهالوجين في هاليدات الالكيل ذات صفة قطبية ؟

ج/ بسبب الكهروسلبية العالية لذرة الهالوجين نسبة الى الكهروسلبية في ذرة الكاربون.

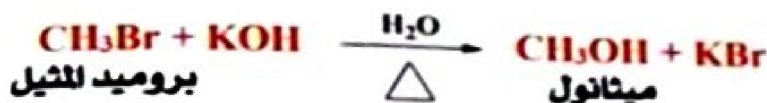
علل/ تتأثر هاليدات الالكيل بكواشف نيوكليوفيلية ؟

ج/ لانها كواشف الكتروفيلية (باحثة عن النواة) .

تفاعلات هاليدات الالكيل

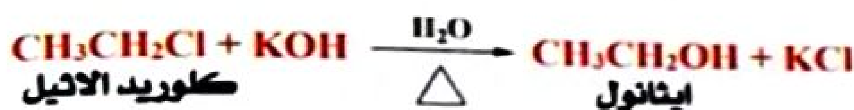
اولاً

تفاعل هاليد الالكيل مع KOH المائي لتكوين الكحولات



$$CH_3Br + KOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3OH + KBr$$

بروميد المثيل — ميثانول



$$CH_3CH_2Cl + KOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3CH_2OH + KCl$$

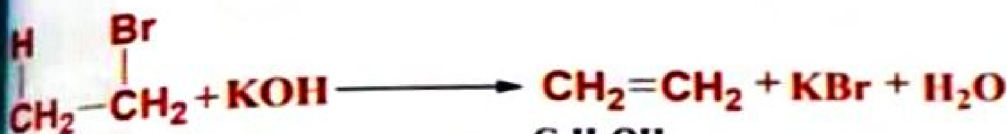
كلوريد الاثيل — ايثانول

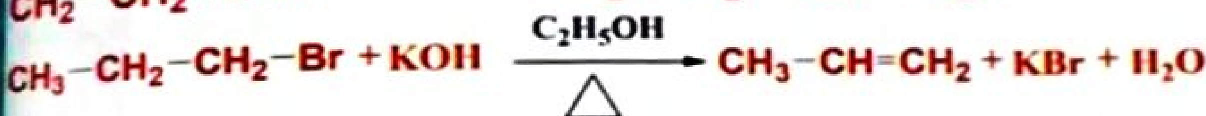
ثانياً

تفاعل هاليدات الالكيل مع KOH الكحولي لتكوين الالكينات



$$CH_3-CH_2-Br + KOH \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} CH_2=CH_2 + KBr + H_2O$$



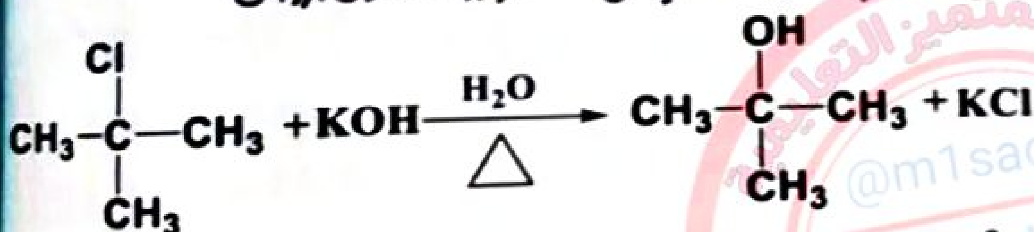


$$CH_3-CH_2-CH_2-Br + KOH \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH} CH_3-CH=CH_2 + KBr + H_2O$$

تمرين 6

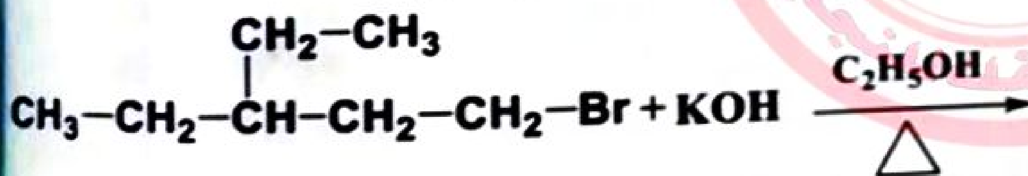
وضح بالمعادلة الكيميائية ماذا يحدث عند مفاعلة:

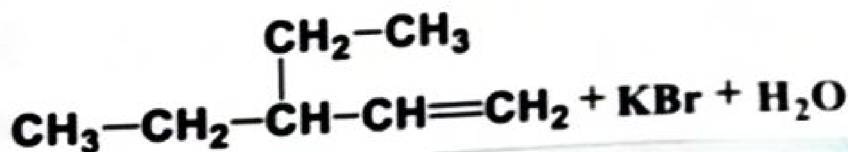
1) محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في محلولها المائي مع 2-كلورو 2-مثيل بروبان



2-كلورو-مثيل بروبان — 2-مثيل بروبانول

2) محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH الكحولي مع برومو -3- اثيل بنتان





2 الكحولات R-OH

هي مركبات عضوية هيدروكاربونية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل OH– مرتبطة بذرة الكاربون المشبعة وتعتبر (OH-) هي المجموعة الوظيفية الفعالية.

الصيغة العامة لها R-OH

قانونها العام $C_nH_{2n+2}O$

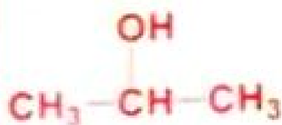
أنواع الكحولات:

1- كحولات اولية: وفيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل OH– بذرة كاربون اولية.

ايثانول

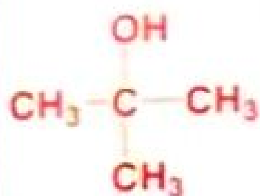


2- كحولات ثانوية: وفيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل OH– بذرة كاربون ثانوية.



2– بروبانول

3- كحولات ثالثية: وفيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل OH– بذرة كاربون ثالثية.



2– مثيل بروبانول

التسمية النظامية للكحولات:

1- نختار اطول سلسلة كاربونية مستمرة تحتوي على OH– (مجموعة الهيدروكسيل) وقد قسمها من الطرف الاقرب لل OH .

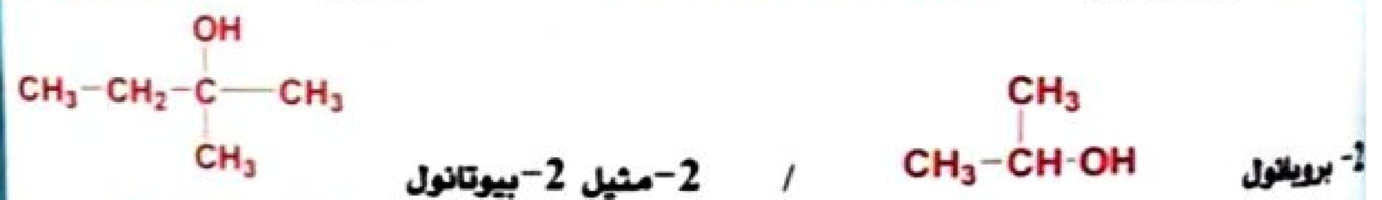
2- نسمي السلسلة الكاربونية باسم الالكان مع اضافة مقطع (ول) .

3- يمكن تحديد عدد التفرعات والمجاميع المعوضة ان وجدت .

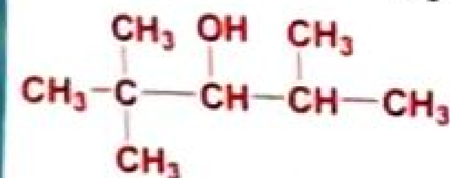
امثلة عامة عن التسمية:



2– بيوتانول / ايثانول

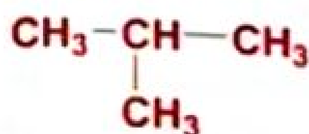


2– بروبانول / 2– مثيل 2– بيوتانول

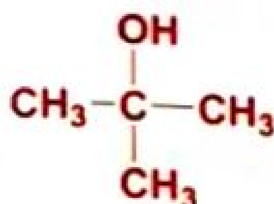


4.2.2– ثلاثي مثيل 3– بنتانول

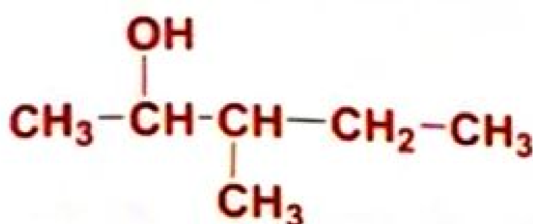
تمرين 7 : اكتب الاسم النظامي لكل من المركبات التالية :



أ) 2-بروبانول

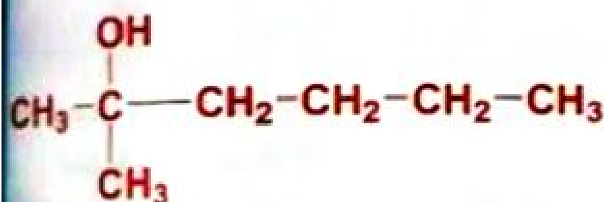


2-مثيل-2-بروبانول

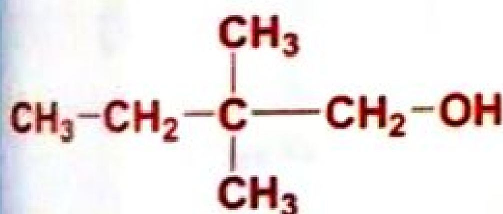


3-مثيل-2-بنتانول

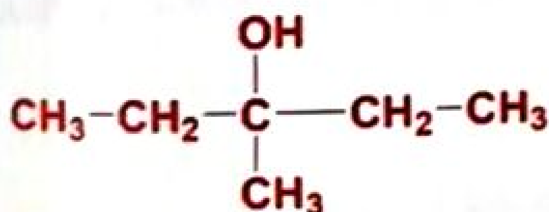
ب) اكتب الصيغ البنائية لكل مما يأتي :



2-مثيل – 2 – هكسانول



2-2-ثنائي مثيل -1- بيوتانول



3-مثيل-3-بنتانول

تحضير الكحولات: هناك عدة طرائق مختبرية وصناعية لتحضير الكحولات وتنتهي على طريقة مختبرية واحدة وهي:

اضافة جزئ ماء الى الالكين بوجود H_2SO_4 المركز

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4} CH_3-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-CH_3$$

1 بروبين — 2-بروبانول

ميكانيكية التفاعل:

$$CH_3-CH=CH_2 + H^+O^-SO_3H \xrightarrow{\triangle} CH_3-\overset{OSO_3H}{CH}-CH_3$$

1- بروبين — كبريتات الايزوبروبيل الهيدروجينية

$$CH_3-\overset{OSO_3H}{CH}-CH_3 + \overset{H}{O}-H \longrightarrow CH_3-\overset{OH}{CH}-CH_3 + H_2SO_4$$

2-بروبانول — مخفف

تمرين 9

حضر:

01 بيوتانول من 1 - بيوتين

$$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H-OH \xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$$

1- بيوتين — 1- بيوتانول

02 الايثانول من الاثلين

$$CH_2=CH_2 + HOH \xrightarrow[\triangle]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$$

الاثلين — الايثانول

تمرين 8

اكتب الصيغ البنائية المحتملة لخمسة متجانسات للكحولات ذوات الكتل المولية 88 g/mol ، علما ان C=12 , O=16 , H=1 ؟

الحل:

القانون العام للكحولات 

$C_nH_{2n+2}O = n\times12 + 2n+2 + 1\times16$

$=12n+2n+2+16=88$

$=14n+18=88$

$=14n=88-18$

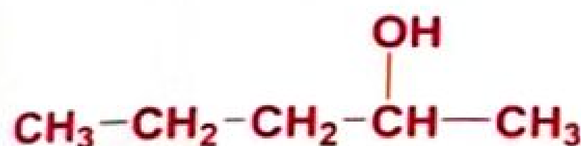
$14n=70 \rightarrow n=\frac{70}{14}=5$

بما ان n=5 اذا الصيغة ستكون 

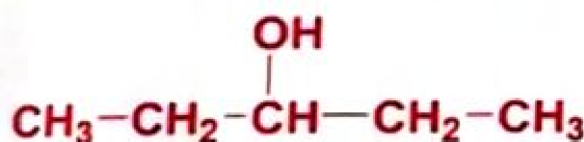
1-بنتانول



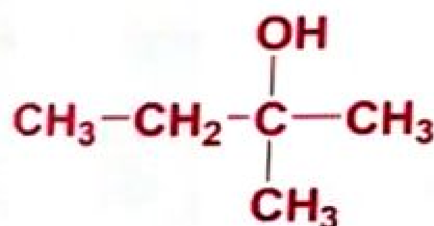
2-بنتانول



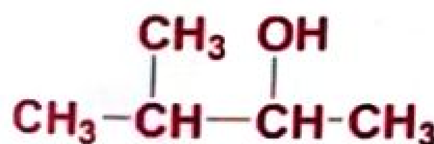
3-بنتانول



2-مثيل-2-بيوتانول



3-مثيل -2-بيوتانول



* ملاحظة توجد هناك 9 متجانسات لكن المطلوب هو 5 نقط .



مثال 4

ما هي الصيغ البنائية المحتملة للكحولات ذوات الكتلة المولية 74 g/mol علما ان الكتل الذرية C=12 , O=16 , H=1 ؟

الحل: القانون العام للكحولات 

$n\times12 + [(2n+2)\times1] + (1\times16) = 74$

$12n+2n+2+16=74$

$14n+18=74$

$14n=74-18$

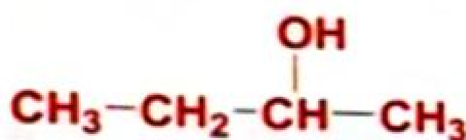
$14n=56 \rightarrow n=\frac{56}{14}=4$

$n=4$

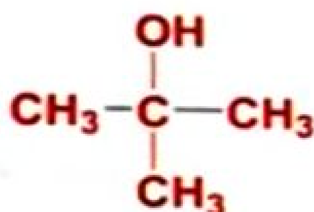
اذن الكحول هو $C_4H_{10}O$



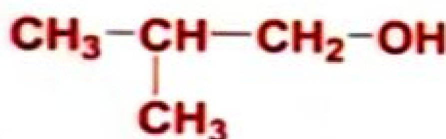
1-بيوتانول



2-بيوتانول



2-مثيل 2-بروبانول



2-مثيل-1-بروبانول

خواص الكحولات:

أ- الخواص الفيزيائية للكحولات:

علل تكون درجة غليان الكحولات عالية جداً مقارنة بالالكانات المقابلة لها ؟

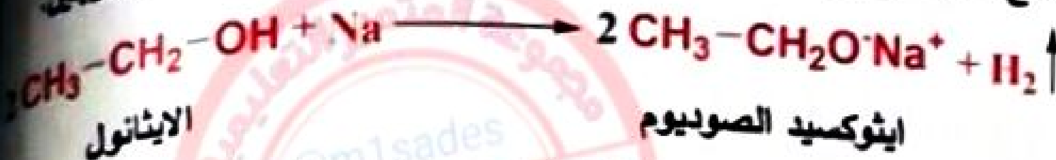
ج/ بسبب قابلية الكحولات على تكوين اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئاتها.

علل تمتزج الكحولات من (C_3-C_1) بشكل تام مع الماء ؟

ج/ بسبب قابلية جزيئاتها على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزيئة الماء.

ب- الخواص الكيميائية للكحولات:

أ) تتفاعل الكحولات مع فلز الصوديوم او البوتاسيوم مكونة الالكوكسيدات مع تحرر غاز الهيدروجين.



$$2CH_3-CH_2-OH + Na \longrightarrow 2CH_3-CH_2O^-Na^+ + H_2\uparrow$$

الايثانول — ايثوكسيد الصوديوم

ب) تتفاعل الكحولات مع ثلاثي كلوريد الفسفور PCl_3 وخماسي كلوريد الفسفور PCl_5 لتكوين هاليد الكيل:



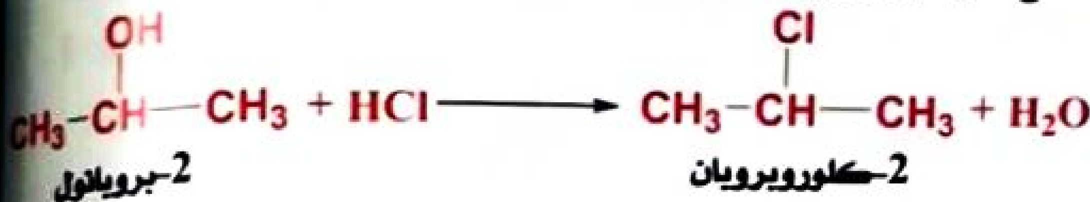
$$CH_3-CH_2-OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl + PCl_3 + HCl$$

الايثانول — كلوريد الاثيل

$$3CH_3-OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3-Cl + H_3PO_4$$

الميثانول — كلوريد المثيل

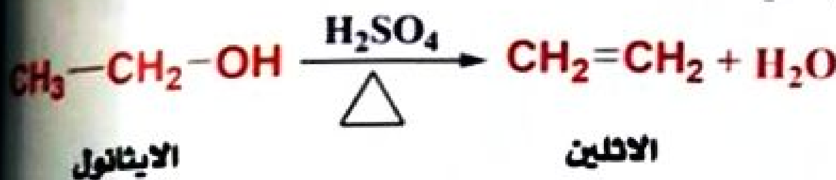
ج) تفاعل الكحولات مع هاليد الهيدروجين لتكوين هاليد الالكيل:



$$CH_3-CH(OH)-CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3-CH(Cl)-CH_3 + H_2O$$

2-بروبانول — 2-كلوروبروبان

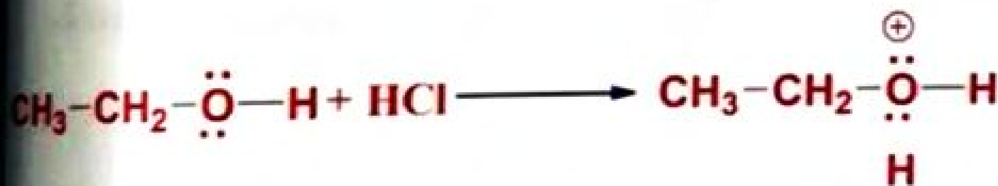
د) نزع جزيء الماء من الكحولات لتكوين الالكينات



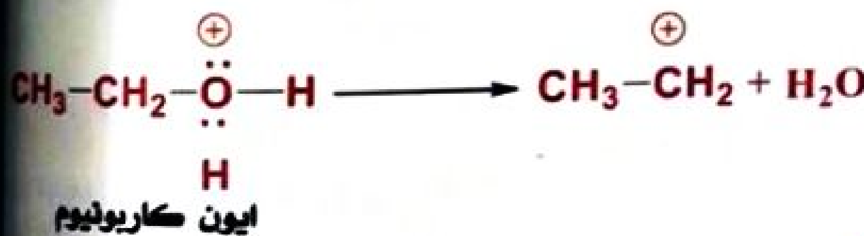
$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$$

الايثانول — الاثلين

الميكانيكية:

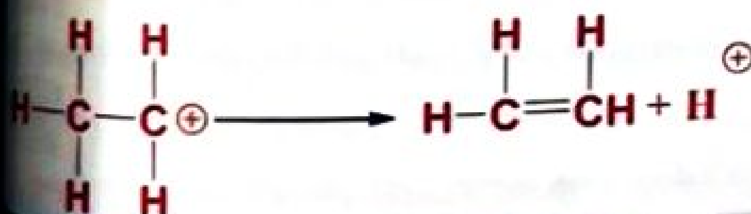


$$CH_3-CH_2-\ddot{O}-H + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{\ddot{O}}(H)-H$$



$$CH_3-CH_2-\overset{\oplus}{\ddot{O}}(H)-H \longrightarrow CH_3-\overset{\oplus}{C}H_2 + H_2O$$

ايون كاربونيوم



$$H_3C-CH_2^{\oplus} \longrightarrow H-C(H)=CH(H) + H^{\oplus}$$



قاعدة سايتسيف: يتم سحب الايون الموجب H^+ من ذرة الكاربون التي تحمل اقل عدد ذرات هيدروجين المجاورة لذرة الكاربون التي تحمل OH^- .

ع/ عند سحب جزيء ماء من 2- بيوتانول يكون الناتج 2- بيوتين وليس 1- بيوتين علل ذلك؟

الحل

$$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle 2\text{-بيوتانول}}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}H}}-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} \underset{\displaystyle 2\text{-بيوتين}}{CH_3-CH=CH-CH_3} + H_2O$$

• وذلك لان عملية السحب تتم عن طريق قاعدة سايتسيف والتي تنص على : يتم سحب الايون الموجب H^+ من ذرة الكاربون التي تحمل اقل عدد ذرات هيدروجين المجاورة لذرة الكاربون التي تحمل OH

التمييز بين الكحولات:

• هناك ثلاثة انواع من الكحولات (اولية - ثانوية - ثالثية)

يتم التمييز بينهم بواسطة كاشف لوكاس (كلوريد الهيدروجين HCl) بوجود كاشف لوكاس (كلوريد الزنك ZnCl) كعامل مساعد.

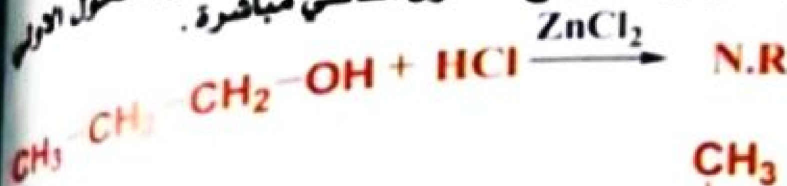
• **الكحولات الاولية لا تتفاعل مع كاشف لوكاس.**

• **الكحولات الثانوية تتفاعل مع كاشف لوكاس بعد خمسة دقائق وتتكون عكرة في المحلول.**

• **الكحولات الثالثية تتفاعل مباشرة مع كاشف لوكاس مكونة عكرة في المحلول نتيجة لتكوين هاليد الالكيل.**

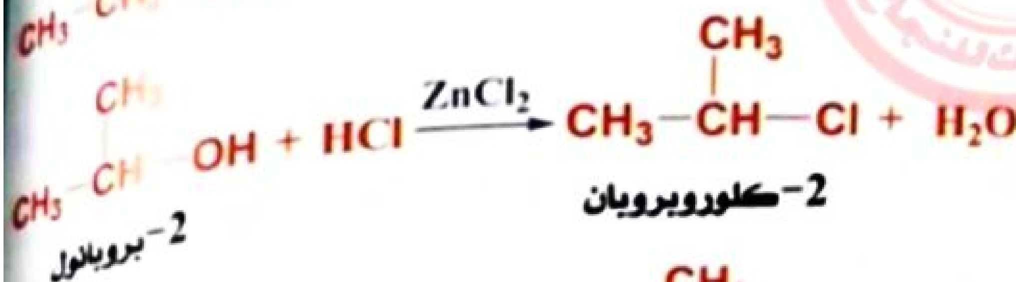
مثال 5 ميز كيميائياً بين (1- بروبانول) و (2- بروبانول) و (2- مثيل بروبانول) ؟

الحل: يمكن التمييز بينهم باستخدام كاشف لوكاس $ZnCl_2/HCl$ حيث لا يتفاعل مع الكحول الاولي ويتفاعل مع الكحول الثانوي بعد خمس دقائق ويتفاعل مع الكحول الثالثي مباشرة .



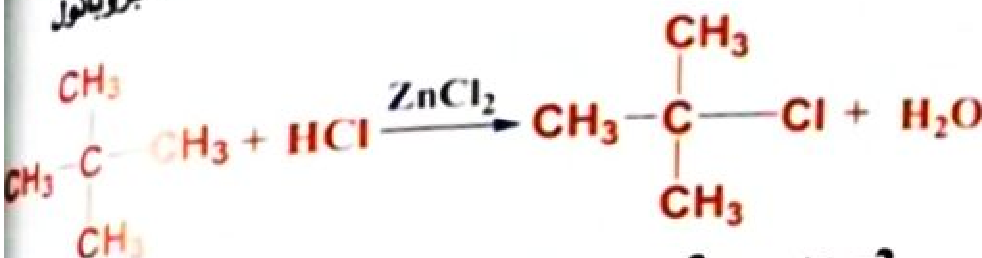
$$CH_3-CH_2-CH_2-OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} N.R$$

لا تفاعل



$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-Cl + H_2O$$

2-بروبانول ← 2-كلوروبروبان



$$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-CH_3 + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-Cl + H_2O$$

2-مثيل-2-بروبانول ← 2-كلورور-2-مثيل-بروبان

* مما تقدم يمكن القول انه يمكن التمييز بين اصناف الكحولات الثلاثة بواسطة كاشف لوكاس ZnCl/HCl حيث:

1- تظهر عكرة في المحلول نتيجة لتكوين هاليد الالكيل مباشرة مع الكحول الثالثي.
2- تظهر عكرة في المحلول بعد مرور (2-5) دقائق مع الكحول الثانوي.
3- يبقى المحلول رائق لان الكحول الاولي لا يتفاعل مع كاشف لوكاس في درجة حرارة الغرفة لا يحتاج الى حرارة عالية.

معلومات

كيمياء ألوان الدم المختلفة



أحمر



أزرق



أخضر

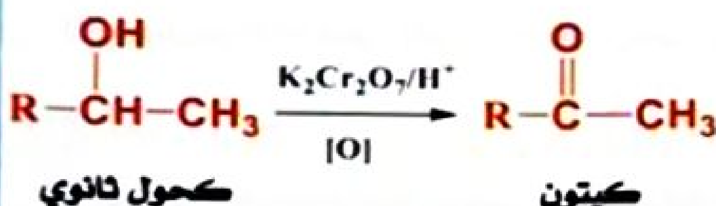


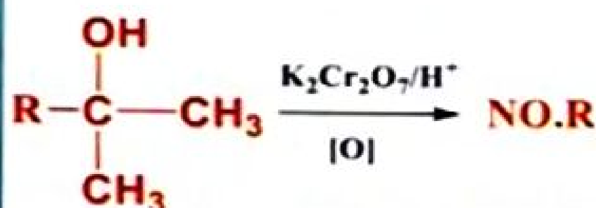
بنفسجي

الاكسدة: العوامل المؤكسدة ($KMnO_4/H_2SO_4$ ، $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$)

حيث ان :







لا تفاعل

* اي ان:

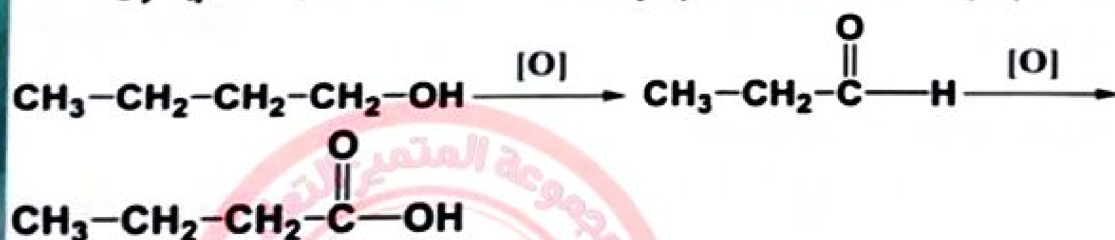
كحول اولي ← الدهايد ← حامض عضوي

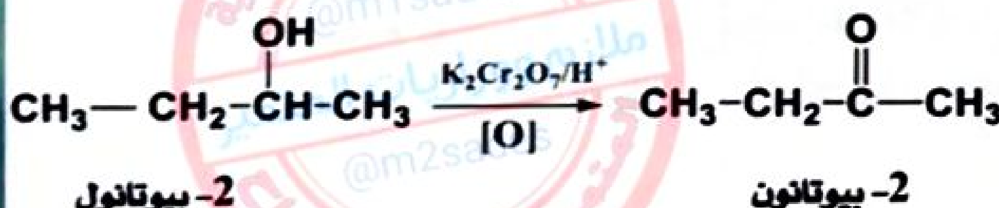
كحول ثانوي ← كيتون

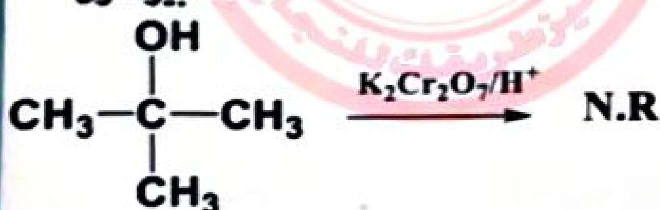
كحول ثالثي ← N.R

تمرين 11 ما ناتج الاكسدة التامة لكل من المركبات الاتية :

01 1–بيوتانول 02 2–بيوتانول 03 2–مثيل–2–بروبانول







علل لا تتأكسد الكحولات الثالثية؟

ج/ بسبب استقرارية مركباتها لان ذرة الكاربون الحاملة لمجموعة OH^- الكحولية خالية من الهيدروجين.

علل في عملية تحضير الكحولات تحل مجموعة OH محل مجموعة OSO_3H الموجودة في المركب الوسطي؟

ج/ لان مجموعة OH^- اكبر قاعدية واكبر تركيز من مجموعة OSO_3H .

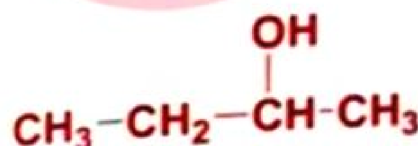
علل تعتبر طريقة تحضير الكحولات باضافة الماء للالكين طريقة مهمة جداً؟

ج/ وذلك لانها الطريقة العامة التجارية لتحضير الكحولات .

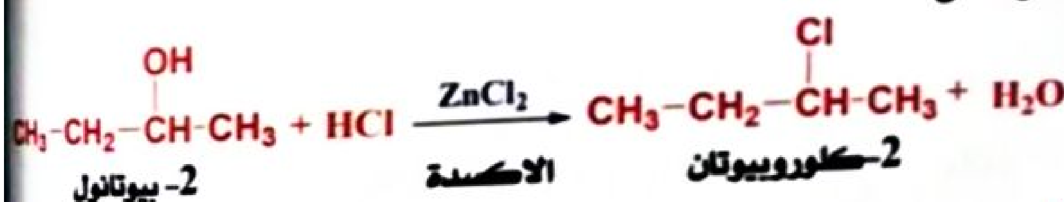
تمرين 12 مركب عضوي يحتوي على اربع ذرات كاربون يستجيب لكاشف لوكاس وعند اكسدته يعطي كيتون اكتب التفاعلات اعلاه وما صيغته البنائية؟

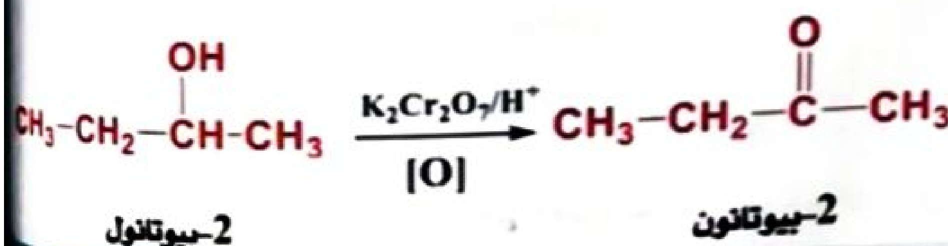
- بما ان المركب العضوي يستجيب لكاشف لوكاس اذاً هو كحول .
- بما انه عند اكسدته يعطي كيتون اذا هو كحول ثانوي.

الصيغة البنائية



التفاعل مع كاشف لوكاس





3 الايثرات R – O – R

هي مركبات عضوية تحتوي على ذرة اوكسجين مرتبطة بمجموعتين الكيل
الصيغة العامة لها R-O-R

قانونها العام $C_nH_{2n+2}O$ (يشبه قانون الكحولات)

اصناف الايثرات:

أ) ايثرات متناظرة: وهي الايثرات التي تكون فيها مجموعتي الالكيل حول ذرة الاوكسجين متشابه R-O-R
$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ / CH_3-O-CH_3

ب) ايثرات غير متناظرة: وهي الايثرات التي تكون فيها مجموعتي الالكيل حول ذرة الاوكسجين غير متشابه
$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_3$ / $CH_3-O-CH_2-CH_3$

تسمية الايثرات R-O-R

تسمى الايثرات باسم (الكوكسي الكان) وكما يلي:

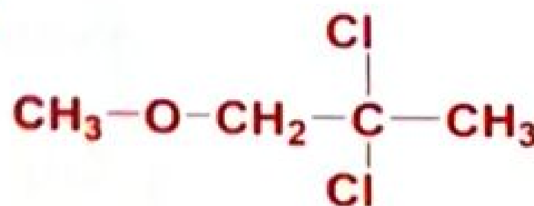
1. نختار اطول سلسلة من مجموعتي الالكيل المرتبطة بـ (O) ونعتبرها السلسلة الام (R).
2. نرقم السلسلة الام من الطرف الاقرب لذرة الاوكسجين (O).
3. اما بالنسبة لمجموعة الالكيل (المرتبطة بذرة الاوكسجين O) سوف نعتبرها فرع ونعطيه اسم (الكوكسي) حسب نوع الالكيل R-O-
4. نكتب مواقع واسم التفرعات في بداية الاسم ان وجدت.



ميثوكسي (الفرع) الام



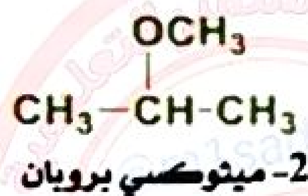
ايثوكسي(الفرع) الام (بروبان)



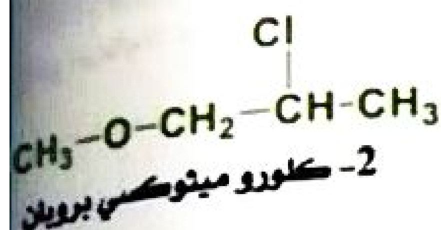
2.2-ثنائي كلورو ميثوكسي بروبان



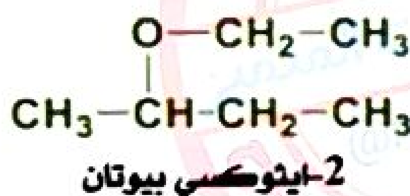
مثال 7-6 اكتب الاسم النظامي للمركبات الاتية:



2- ميثوكسي بروبان

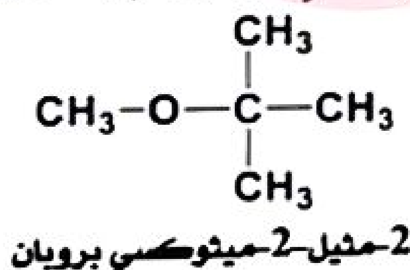


2- كلورو ميثوكسي بروبان



2-ايثوكسي بيوتان

تمرين 13 اكتب الاسم النظامي لكل من المركبات الاتية:



2-مثيل-2-ميثوكسي بروبان

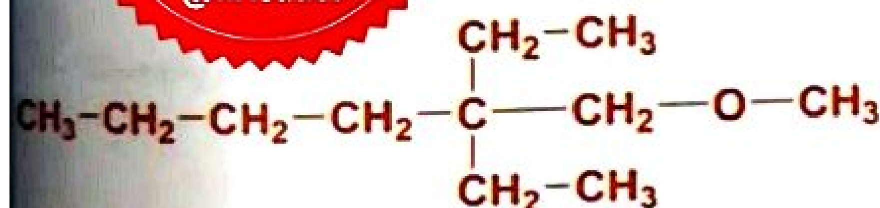


ميثوكسي ميثان

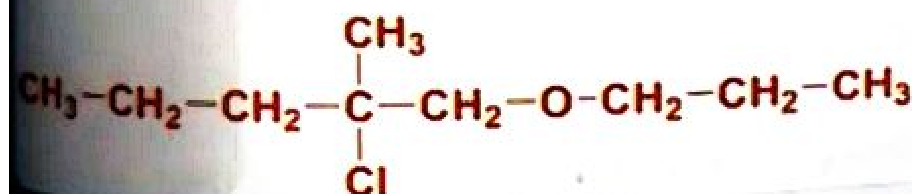


• اكتب الصيغ البنائية لكل من المركبات الاتية:

1) 2.2-ثنائي اثيل ميثوكسي هكسان



2) 2-كلورو-2-مثيل بروبوكسي بنتان



تحضير الايثرات

هنالك طرائق مختبرية وصناعية عديدة لتحضير الايثرات وسنقتصر على طريقة مختبرية واحدة وهي:

طريقة وليمسون: تحضر الايثرات بطريقة ويلمسون نسبة الى العالم ويلمسون وذلك بمفاعلة فلز الصوديوم مع كحول مناسب لتكوين الكوكسيد المناسب ثم مفاعلته مع هاليد الكيل مناسب للحصول على الايثرات.



$$R\text{-}O\text{-}H + Na \rightarrow R\text{-}O\text{-}Na + \frac{1}{2}H_2$$

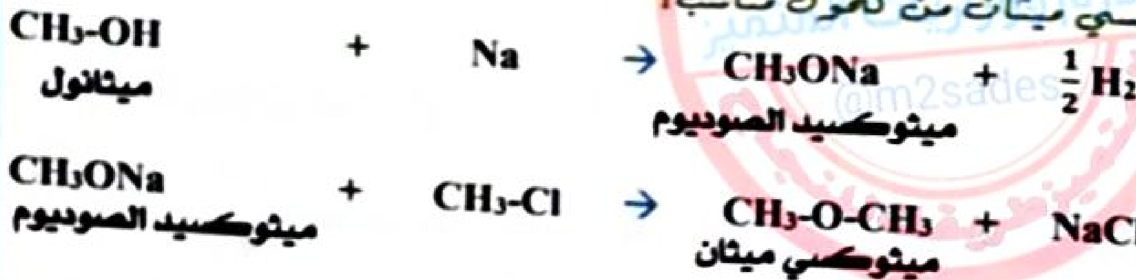
كحول — صوديوم — كوكسيد



$$R\text{-}O\text{-}Na + R'\text{-}X \rightarrow R\text{-}O\text{-}R' + NaX$$

كوكسيد الصوديوم — هاليد الكيل — ايثر — ملح

مثال حضر ميثوكسي ميثان من كحول مناسب؟



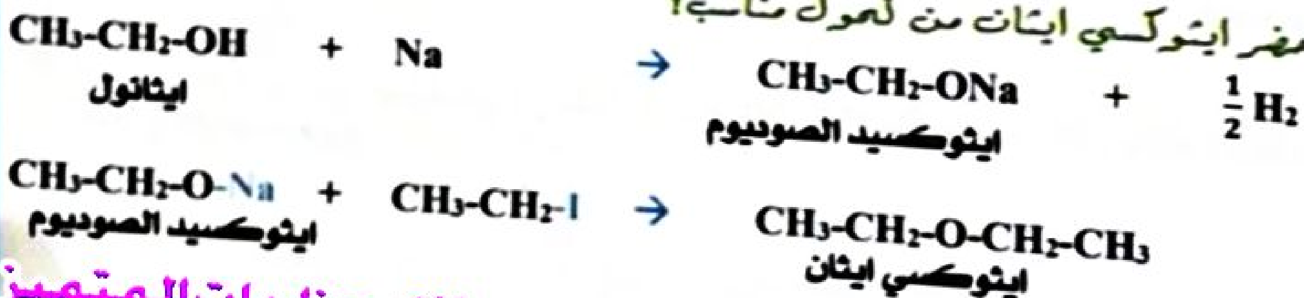
$$CH_3\text{-}OH + Na \rightarrow CH_3ONa + \frac{1}{2}H_2$$

ميثانول — ميثوكسيد الصوديوم

$$CH_3ONa + CH_3\text{-}Cl \rightarrow CH_3\text{-}O\text{-}CH_3 + NaCl$$

ميثوكسيد الصوديوم — ميثوكسي ميثان

مثال حضر ايثوكسي ايثان من كحول مناسب؟



$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + Na \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}ONa + \frac{1}{2}H_2$$

ايثانول — ايثوكسيد الصوديوم

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}Na + CH_3\text{-}CH_2\text{-}I \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}CH_3$$

ايثوكسيد الصوديوم — ايثوكسي ايثان

تمرين 14 اكتب معادلة تحضير ايثوكسي بيوتان من الايثانول ؟



$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + Na \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}ONa$$



$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}Na + CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2CH_2\text{-}Cl \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CHCH_2CH_3 + NaCl$$

ب) اكمل نواتج التفاعل الاتي:



$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Br + CH_3\text{-}ONa \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_3 + NaBr$$

الخواص الفيزيائية للايثرات:

علل درجة غليان الايثرات اوطئ من درجة غليان الكحولات المناظرة ؟

ج/ بسبب عدم قدرة الايثرات على تكوين اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئاتها.

علل معظم الايثرات قليلة الذوبان في الماء ؟

ج/بسبب عدم قابليتها على تكوين اواصر هيدوجينية مع جزيئات الماء .

علل يجب عدم تقطير الايثرات الى حد الجفاف ؟

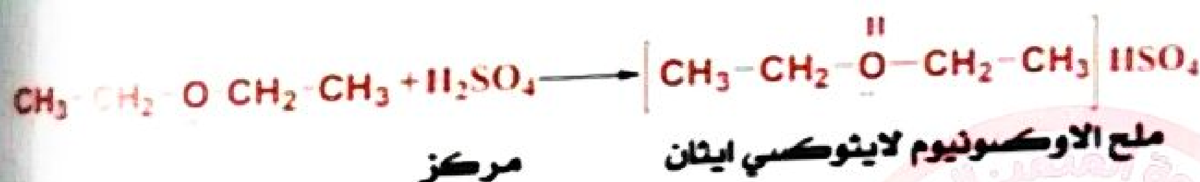
ج/ لان تفاعل الايثرات مع اوكسجين الهواء يكون الابيوكسيدات فعند تقطير الايثرات تترك الابيوكسيدات في المادة المتبقية من التقطير وكذلك فعند نهاية عملية التقطير ترتفع درجة الحرارة؟؟؟؟

الخواص الكيميائية للايثرات:

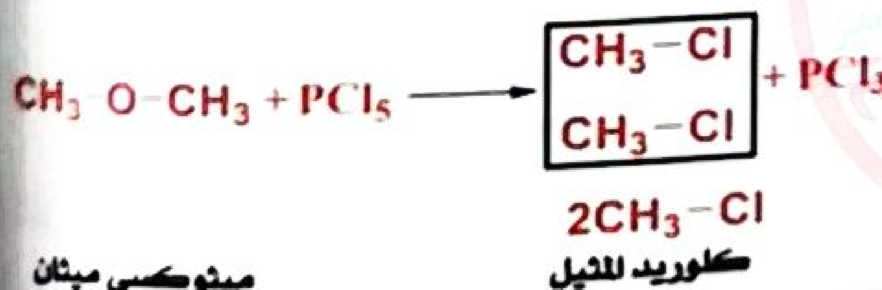
01 تتفاعل الايثرات مع الماء بوجود حامض الكبريتيك المخفف الساخن لتكوين الكحولات .



02 تتفاعل الايثرات مع الحوامض المركزة الباردة مثل H_2SO_4 حامض الكبريتيك المركز البارد لتعطي املاح الاوكسونيوم



03 تتفاعل الايثرات مع خماسي كلوريد الفسفور PCl_5 لتكوين هاليد الالكيل



ملاحظة: يمكن التمييز بين الايثرات والالكانات عن طريق اضافة الماء بوجود حامض الكبريتيك المخفف الساخن حيث ان:



$$\text{ايثر} + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} \text{يعطي ناتج}$$



$$\text{الكان} + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} N.R$$

نستنتج مما سبق ان الايثرات تتفاعل مع حامض الكبريتيك والماء والالكانات لا تتفاعل.

تريت 15 كيف تميز كيميائياً بين ميثوكسي ميثان والايثان؟

الحل: يمكن التمييز بين ميثوكسي ميثان (ايثر) والايثان (الكان) باضافة الماء بوجود H_2SO_4 المخفف الساخن.



$$CH_3-O-CH_3 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{} 2CH_3-OH$$

ميثوكسي ميثان   ميثانول



$$CH_3-CH_3 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} N.R$$

نستنتج مما سبق ان الايثر يتفاعل والالكان لا يتفاعل.



4 الالدهايدات والكيتونات

تشترك الالدهايدات والكيتونات بمجموعة وظيفية فعالة وهي مجموعة الكاربونيل C=O والتي تتكون من ارتباط ذرة اوكسجين بذرة كاربون بآصرة مزدوجة ولهذا اطلقت على المركبات التي تحتوى على هذه المجموعة الفعالة بمركبات الكاربونيل .

قانونها العام: $C_nH_{2n}O$



- ترتبط في الالدهايدات ذرة كاربون الكاربونيل بذرة هيدروجين ومجموعة الكيل او ذرة هيدروجين اخرى.
- في الكيتونات فترتبط ذرة كاربون الكاربونيل بمجموعتي الكيل متشابهتين او مختلفتين .

تسمية الالدهايد :

01 يبدأ الترقيم في الالدهايد من ذرة كاربون الكاربونيل C=O حيث تأخذ الرقم 1 دائماً ويستمر باتجاه اطول سلسلة كاربونية .

02 تسمى الالدهايدات بالاعتماد على اسم الالكان المقابل لعدد ذرات الكاربون مع اضافة مقطع (ال).

03 تسمى التفرعات ان وجدت كما تعلمنا ذلك سابقاً .

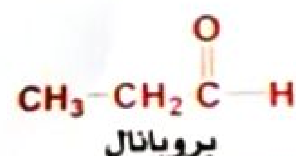
* لا داعي لكتابة رقم ذرة الكاربونيل C=O في الالدهايد لانها تأخذ الرقم 1 دائما



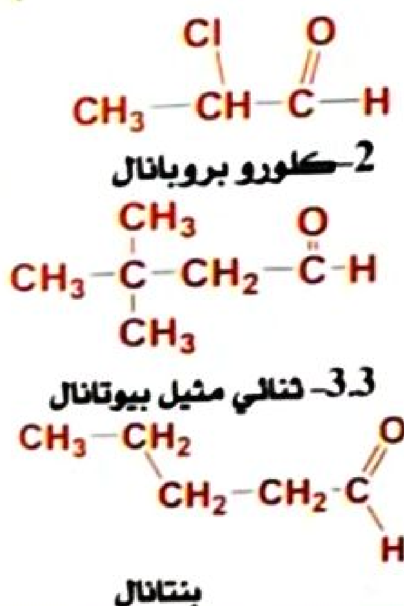
ميثانول (فورمالدهايد)



ايثانول (استلدهايد)



بروبانال



2-كلورو بروبانال

3،3- ثنائي مثيل بيوتانال

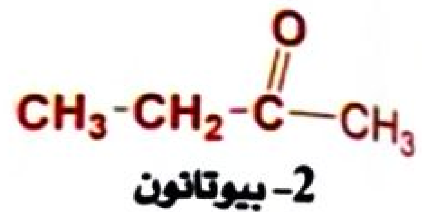
بنتانال

تسمية الكيتونات :

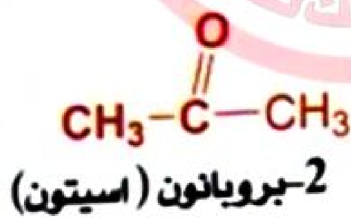
نختار اطول سلسلة من ذرات الكاربون ونرقم من الطرف الاقرب لمجموعة كاربون الكاربونيل .

يعطى الاسم للكيتون استناداً الى اسم الالكان المقابل مع اضافة مقطع (ون) الدال على الكيتون.

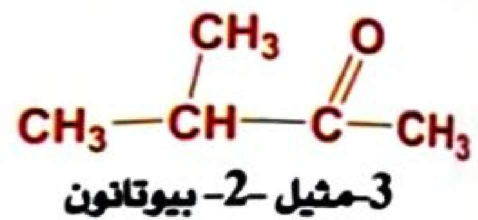
تسمى التفرعات مع مواقعها كما تعلمنا سابقاً .



2- بيوتانون



2-بروبانون (اسيتون)

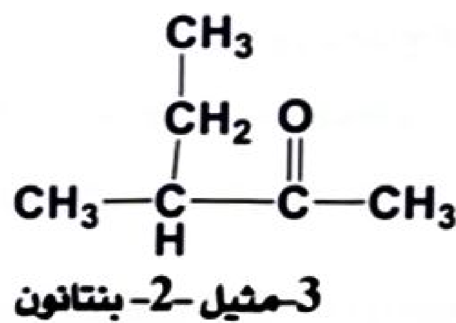


3-مثيل -2- بيوتانون

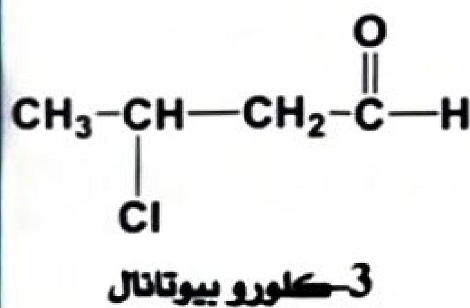


3-بنتانون

تريث 16 اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي:



3-مثيل -2- بنتانون

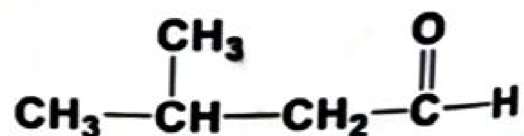


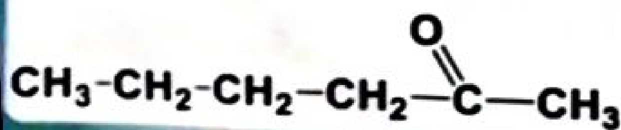
3-كلورو بيوتانال

س ارسم الصيغ البنائية لكل مما يأتي:

3- مثيل بيوتانال

2- هكسانون

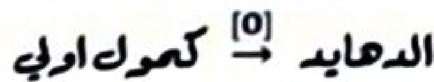




- تحضير الالدهايدات والكيتونات:

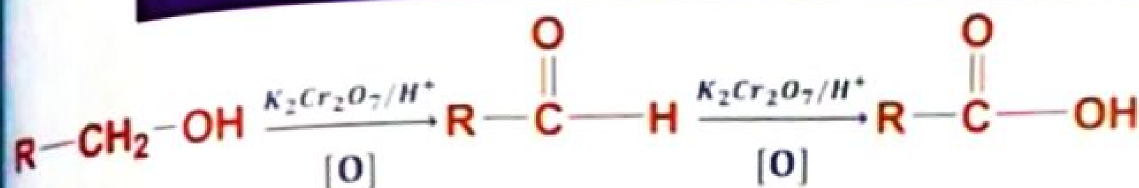
هناك عدة طرائق مختبرية وصناعية لتحضير الالدهايد والكيتون ولكن سنقتصر على طريقة مختبرية واحدة وهي:

اكسدة الكحولات: تحضر الالدهايدات والكيتونات وذلك عن طريق اكسدة الكحولات الاولية والثانوية حيث

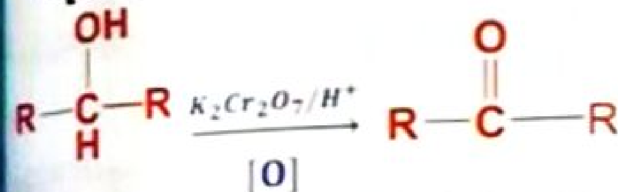




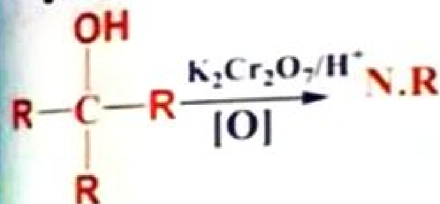
العوامل المؤكسدة ← $K_2Cr_2O_7$ ثنائي كرومات البوتاسيوم
العوامل المؤكسدة ← $KMnO_4$ برمنكنات البوتاسيوم



كحول اولي 1   الدهايد   حامض كاربوكسيلي



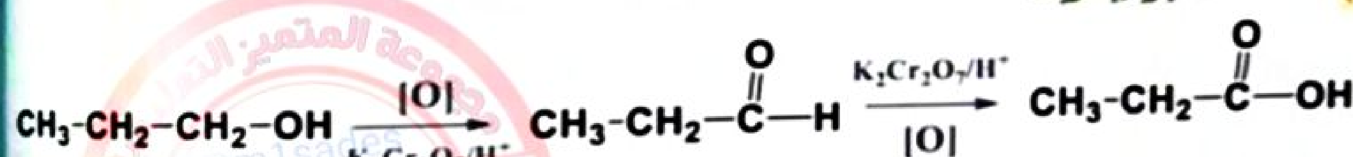
كحول ثانوي 2   كيتون





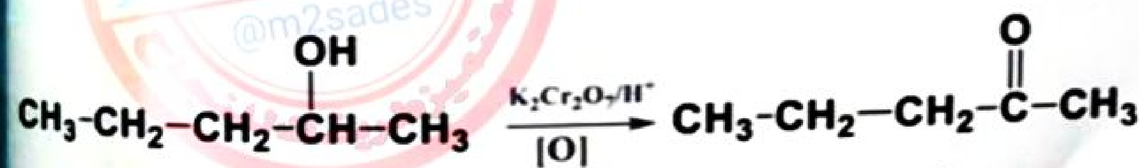
مثال 7 ما ناتج الاكسدة التامة للمركبات :

1) 1-بروبانول



1- بروبانول   بروبانال   حامض البروبانويك

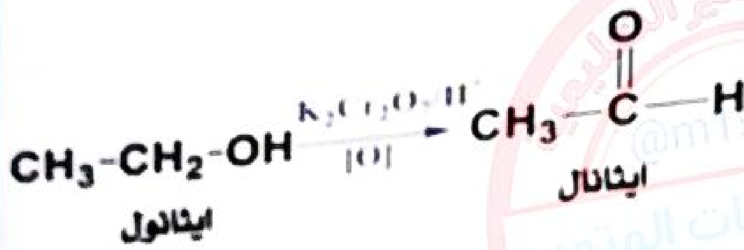
2) 2-بنتانول



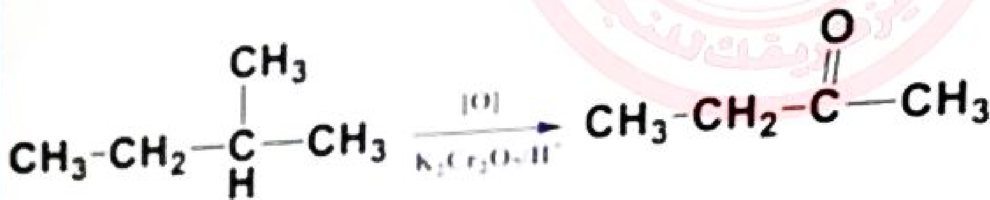
2-بنتانول   2-بنتانون

س 17 / حضر كل من المركبات التالية باستخدام كحول مناسب .

1) ايثانال



2) 2-بيوتانون



خواص الالدهايدات والكيتونات:

الخواص الفيزيائية:

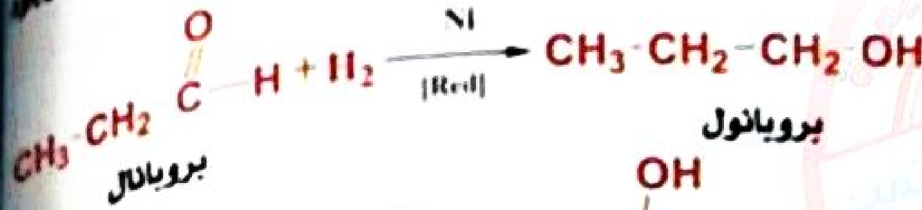
1. تكون جميع الالدهايدات والكيتونات سوائل في درجة حرارة الغرفة عدا الميثانال (الفورمالدهايد) فهو غاز.
2. تتميز الالدهايدات بامتلاكها روائح غير مقبولة.
3. تتميز الكيتونات بامتلاكها روائح مقبولة.
4. تكون كثافة الالدهايد والكيتون اقل من كثافة الماء.
5. يمكن لها ان تمتزج مع الماء او تذوب في المذيبات العضوية كالاثير.

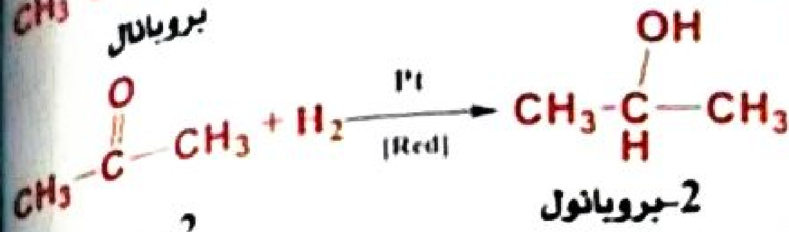


أي ان الكحولات تعطي درجة غليان اعلى من الالدهايد والكيتون والالدهايد والكيتون تعطي درجة غليان اعلى من الالكانات

الخواص الكيميائية

أ يمكن تحويل الالدهايد او الكيتون الى كحولات وذلك عن طريق اختزالها بالهيدروجين بوجود النيكل Ni او البلاتين Pt .





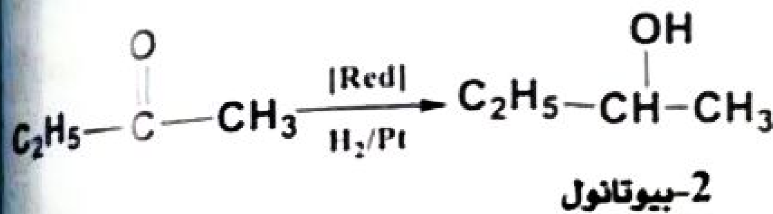
نستنتج مما سبق ان الالدهايدات تعطي كحولات اولية 1^o والكيتونات تعطي كحولات ثانوية 2^o



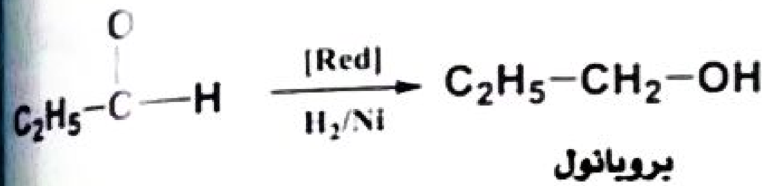


معلومة # ان كلمة Red تعني (Reduction اختزال)

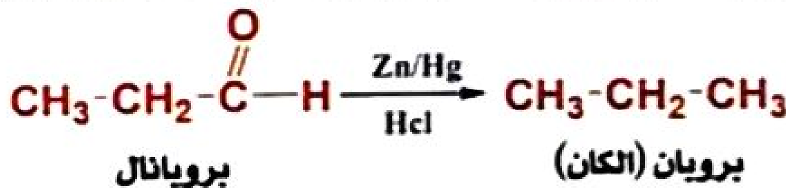
تمرين 18 اكمل المعادلتين الاتيتين :

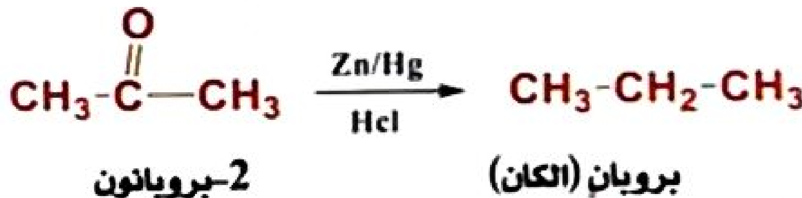






ب يمكن تحويل الالدهايد والكيتون الى الكانات وذلك عن طريق اختزالها بطريقة كلمنسون والتي تتضمن استخدام ملغم (الزئبق – خارصين) في حامض الهيدروكلوريك كعامل مختزل كما في الامثلة التالية



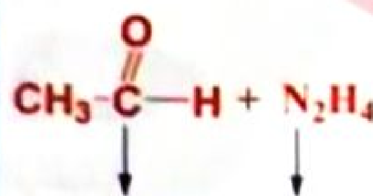


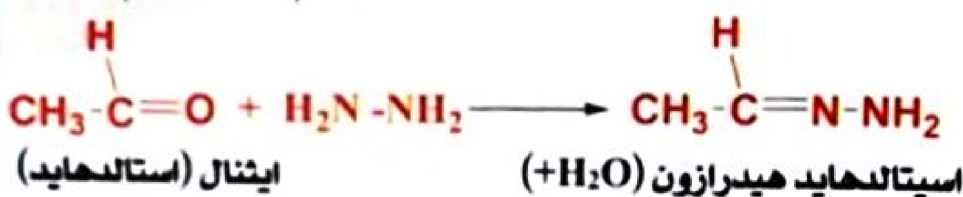
وزاري 19 أ- حضر البروبان من البروبانال؟



$$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} CH_3-CH_2-CH_3$$

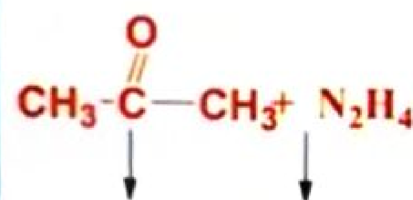
تتفاعل الالدهايدات والكيتونات مع الهيدرازين (N_2H_4) لتعطي الهيدرازون والماء والتي تدعى بقواعد شيف

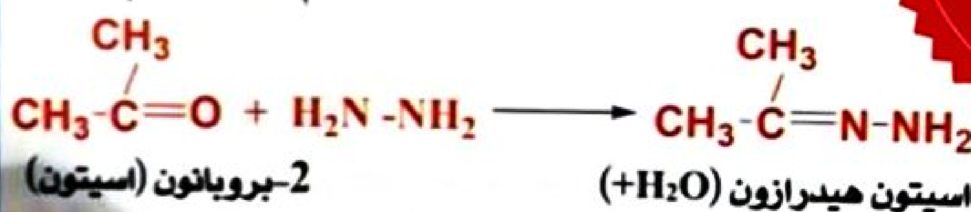




$$CH_3-\overset{H}{C}=O + H_2N-NH_2 \longrightarrow CH_3-\overset{H}{C}=N-NH_2$$

ايثنال (استالدهايد) — اسيتالدهايد هيدرازون ($+H_2O$)

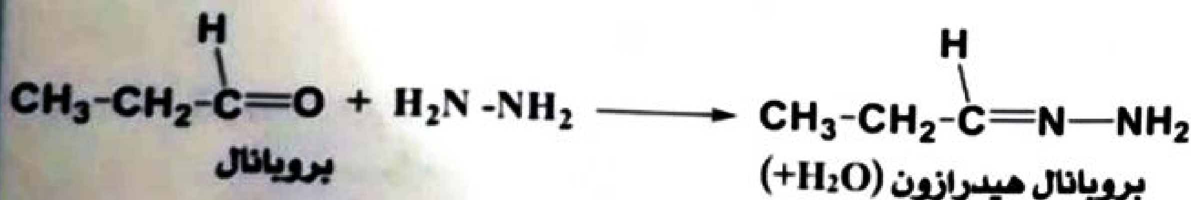




$$CH_3-\overset{CH_3}{C}=O + H_2N-NH_2 \longrightarrow CH_3-\overset{CH_3}{C}=N-NH_2$$

2-بروبانون (اسيتون) — اسيتون هيدرازون ($+H_2O$)

وزاري 19 ب- اكتب تفاعل اضافة الهيدرازين الى البروبانال؟



$$CH_3-CH_2-\overset{H}{C}=O + H_2N-NH_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-\overset{H}{C}=N-NH_2$$

بروبانال — بروبانال هيدرازون ($+H_2O$)

يستخدم هذا التفاعل للتعرف على وجود مجموعة الكاربونيل لالدهايد او الكيتون اذ تدل نواتج الهيدرازون (الملونة الصفراء البرتقالية) على وجود تلك المجموعة

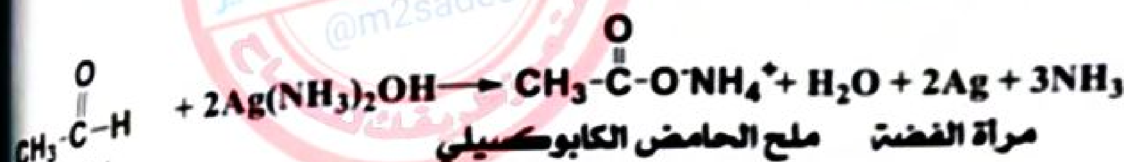
د الاكسدة :

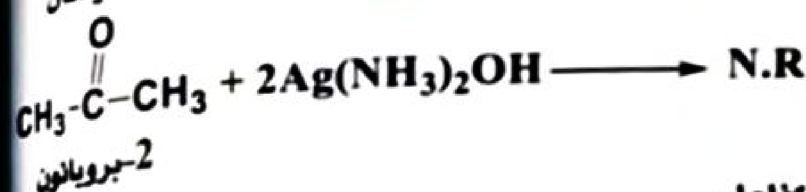
- تتأكسد الالدهايدات لتعطي الحوامض الكاربوكسيلية.
- الكيتونات لا يمكن لها ان تتأكسد.
- من خلال ما تم ذكره سابقاً يمكن التمييز بين الالدهايد والكيتون باستخدام الكواشف التالية :

اولاً كاشف تولن الفضية (هيدروكسيد الفضة الامونياكي) $2Ag(NH_3)_2OH$ حيث يتفاعل مع الالدهايد ولا يتفاعل مع الكيتون.

امثلة

كيف تميز بين الايثانال و 2- بروبانون؟





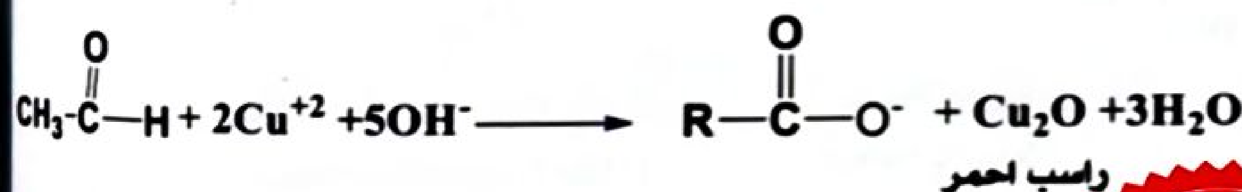
نلاحظ ان الالدهايد يتفاعل والكيتون لا يتفاعل.

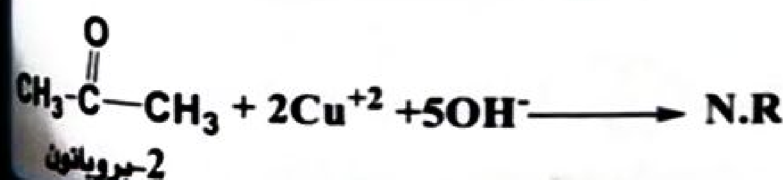
ثانياً محلول فهلنك $2Cu^{+2}+5OH^-$

وهو محلول قاعدي ازرق غامق وهو محلول ملح كبريتات النحاس (II) القاعدية، يحتوي على جذور سالبة مثل السترات او الترترات لمنع تكون راسب هيدروكسيد النحاس وذلك لانها تكون معه معقدات مستقرة للملح

- لا يتفاعل مع الالدهايد ايضاً ولا يتفاعل مع الكيتون كما في الامثلة :

ميز بين الايثانول و 2- بروبانون







س 20 / كيف تميز عملياً بين مركب البروبانال والبروبانون باستخدام:

1- محلول فهلنك

2- كاشف تولن

أ- محلول فهلنك



$$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + 2Cu^{+2} + 5OH^- \longrightarrow R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^- + Cu_2O + 3H_2O$$

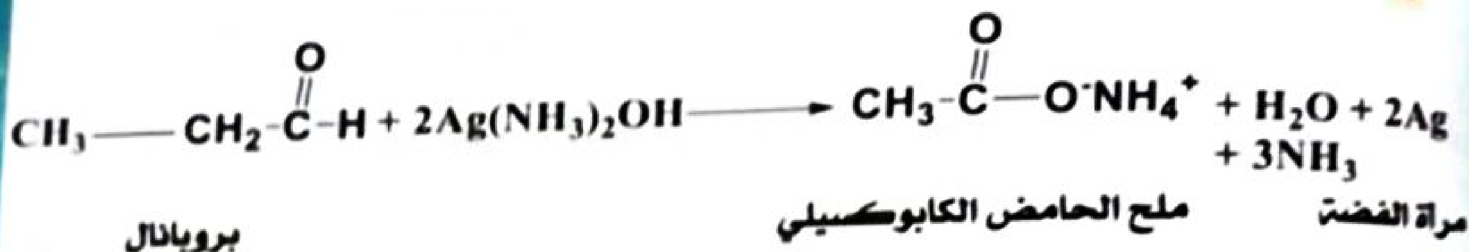
راسب احمر



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + 2Cu^{+2} + 5OH^- \longrightarrow N.R$$

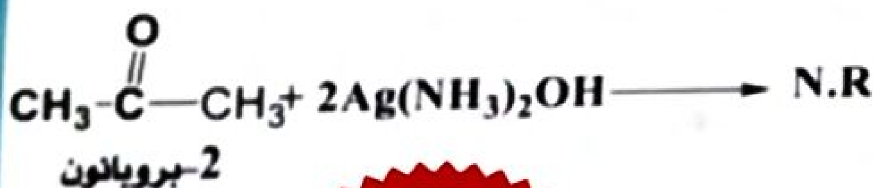
2-بروبانون

ب- كاشف تولن



$$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + 2Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^-NH_4^+ + H_2O + 2Ag + 3NH_3$$

بروبانال — ملح الحامض الكابوكسيلي — مراة الفضة



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + 2Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow N.R$$

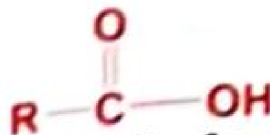
2-بروبانون







5 الحوامض الكاربوكسيلية



تشترك جميع الاحماض الكاربوكسيلية باحتوائها على مجموعة وظيفية فعالة وهي مجموعة الكاربوكسيل COOH او  وهي مكونة من مجموعتين : مجموعة الهيدروكسيل ومجموعة الكاربونيل.

الصيغة العامة للحوامض الكاربوكسيلية : R—C(=O)—OH

* حيث ان R هو مجموعة الكيل او ذرة هيدروجين

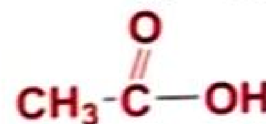
قانونها العام $C_nH_{2n}O_2$

تسمية الحوامض الكاربوكسيلية :

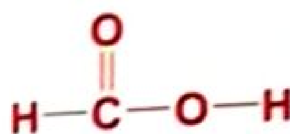
01 تبدأ الترقيم من ذرة كاربون الكاربوكسيل حيث تأخذ الرقم واحد دائماً (1) وتستمر باتجاه اطول سلسلة كاربونية.

02 تكتب كلمة حامض.

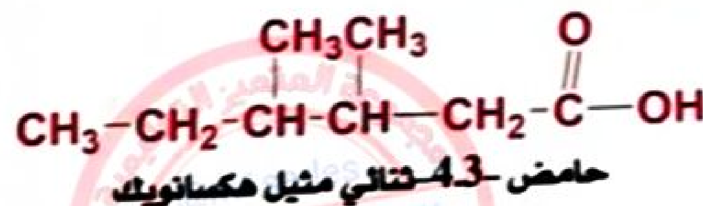
03 يكتب اسم الالكان الذي تدل عليه سلسلة ذرات الكاربون ويضاف الى الاسم مقطع (ويك) الدال على مجموعة الكاربوكسيل.



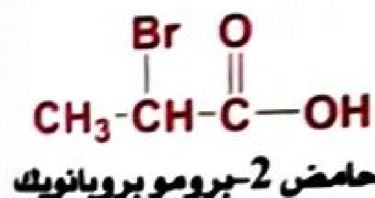
CH_3COOH
حامض الايثانويك (حامض الخليك)



H-COOH
حامض الميثانويك



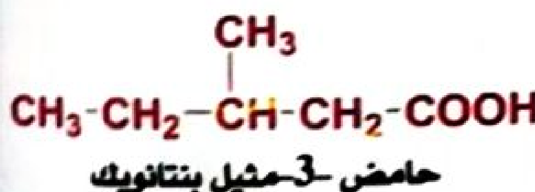
حامض -4,3- ثنائي مثيل هكسانويك



حامض 2-برومو بروبانويك



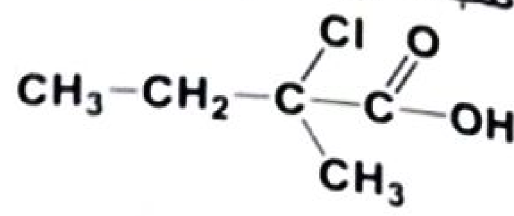
حامض البروبانويك



حامض -3-مثيل بنتانويك



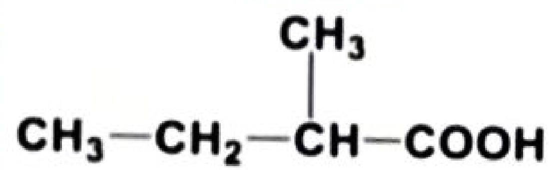
س 21 اكتب الاسم النظامي للمركب:



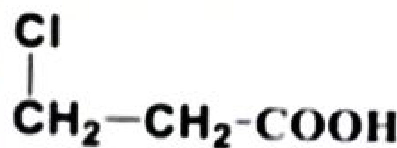
حامض 2-كلورو-2-مثيل البيوتانويك

ارسم الصيغة البنائية لكل من المركبات الاتية:

أ- حامض 2-مثيل بيوتانويك

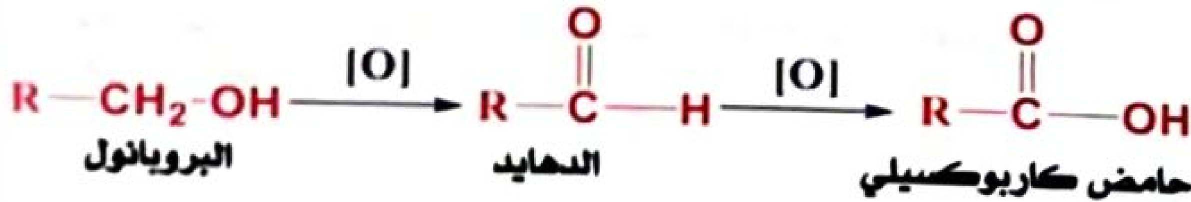


ب- حامض 3-كلوروبروبانويك

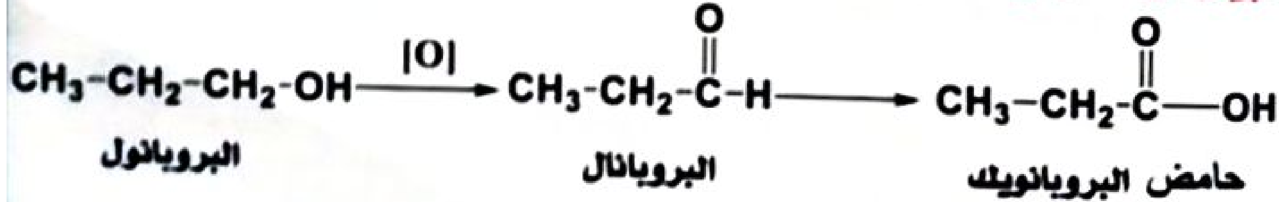


تحضير الحوامض الكاربوكسيلية:

اولا اكسدة الكحولات الاولية اكسدة تامة:



س ابتدأ بالبروبانول حضر حامض البروبانويك؟



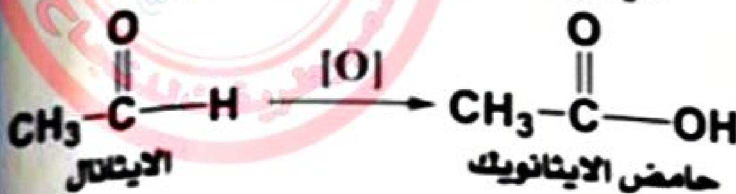




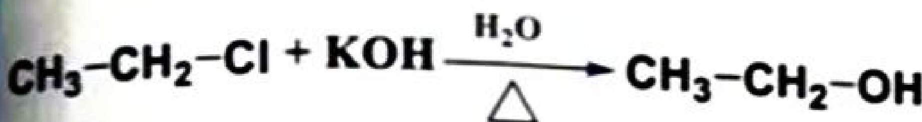
س مبتدأ بالاثلين حضر حامض الايثانويك؟

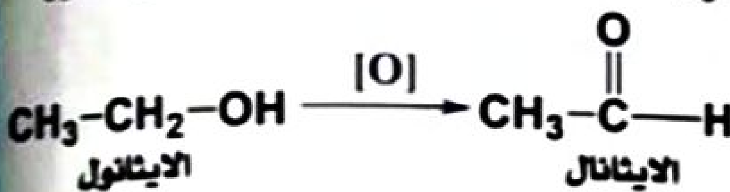


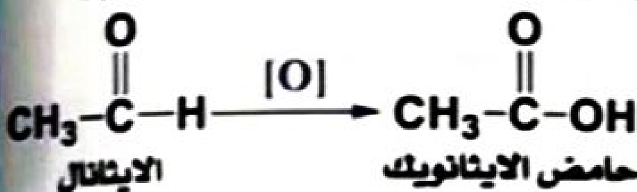




س مبتدأ بكلوريد الاثيل حضر حامض الايثانويك؟



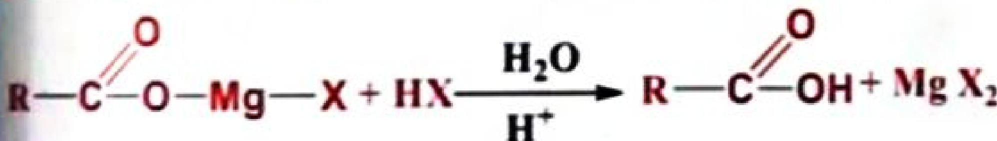




ثانيا استخدام كاشف كرينيارد ثم CO_2 ثم H_2O/H







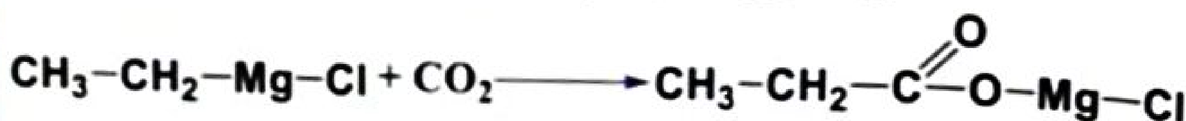
نستخدم هذه الطريقة لتحضير حامض كاربوكسيلي يعطيك ذرة كاربون اضافية!

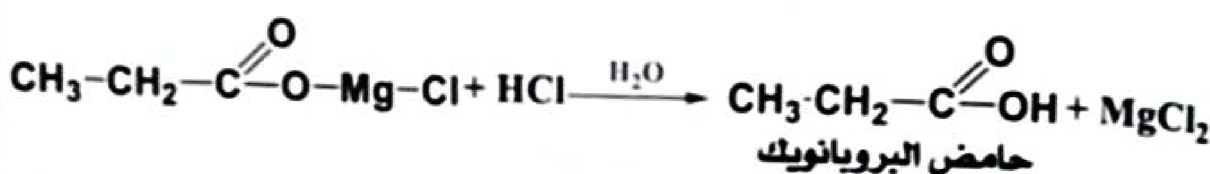
ماذا نقصد بذرة كاربون اضافية تابع معي الامثلة الاتية:

مثال 9 مبتدأ بكلوريد الاثيل حضر حامض البروبانويك؟

لاحظ ان المركب المطلوب يزداد عن المركب المعطى بذرة كاربون واحدة لذلك سوف نستخدم طريقة كاشف كرينيارد

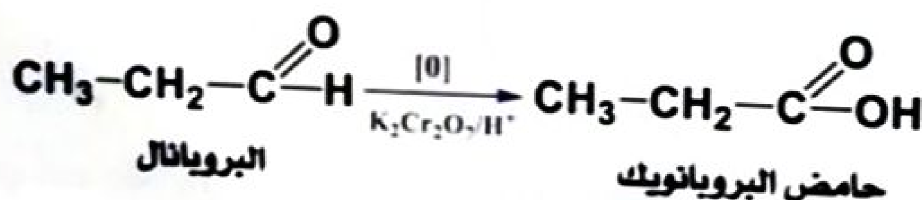






وزاري 22 حضر حامض البروبانويك من:

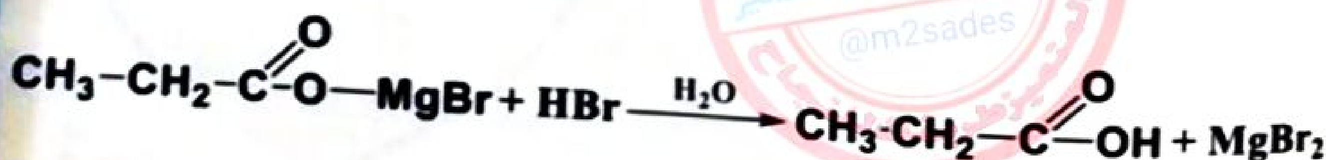
أ- البروبانال



ب- بروميد الاثيل



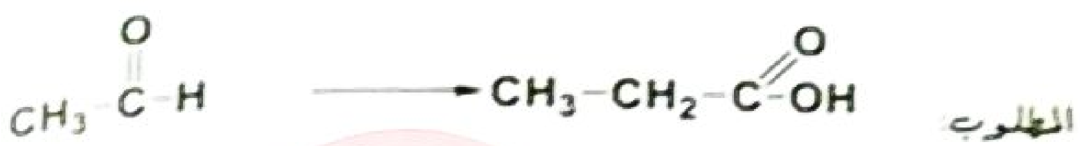




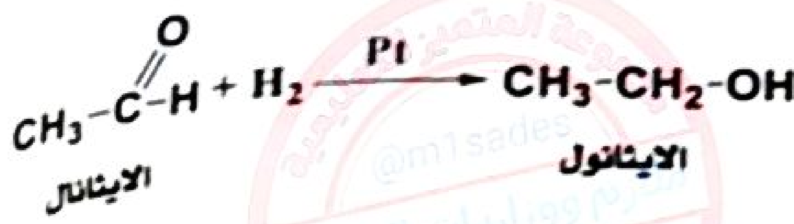
حامض البروبانويك

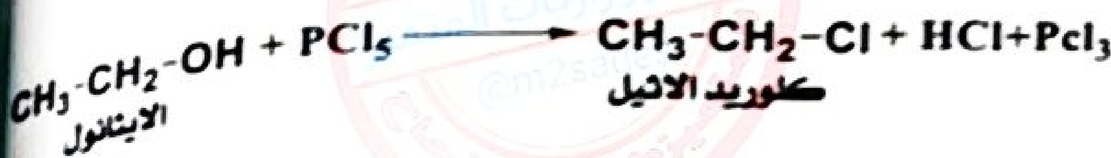
مثال 8 مبتدأ بالايثانال حضر حامض البروبانويك ؟

المطلوب:

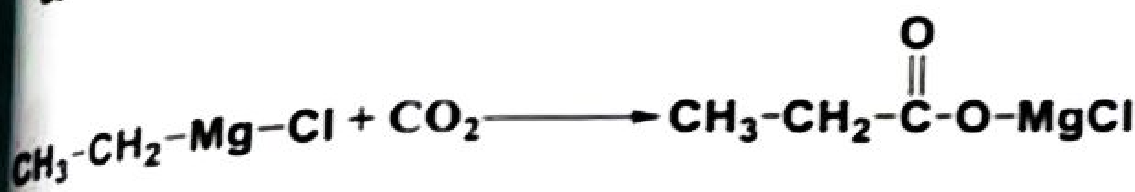


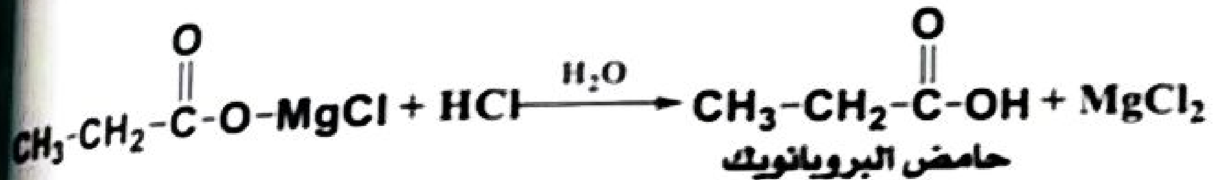
الحل:



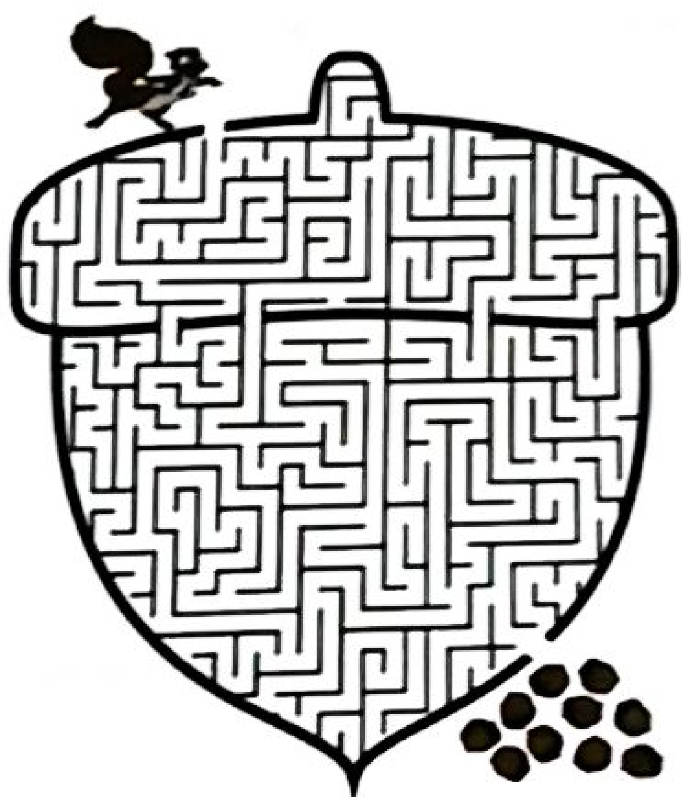






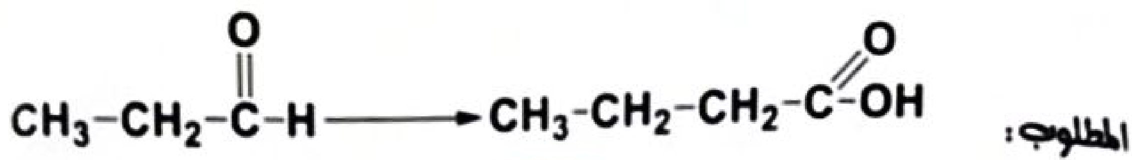






س 24 / مبتدا بالبروبانال حضر حامض البيوتانويك؟

المطلوب:





البروبانال   البروبانول



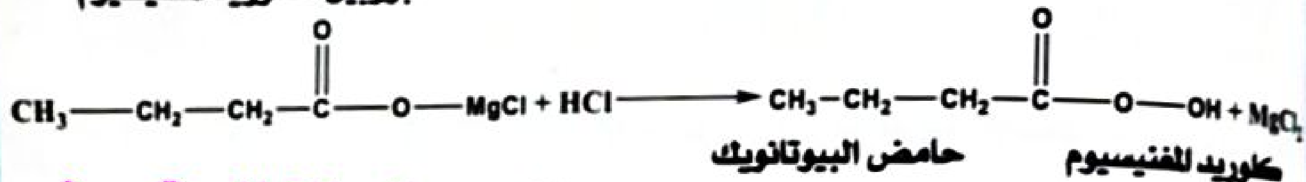
البروبانول   كلوريد البروبيل



كلوريد البروبيل (1-كلوروبروبان)   بروبيل كلوريد المغنيسيوم



بروبيل كلوريد المغنيسيوم



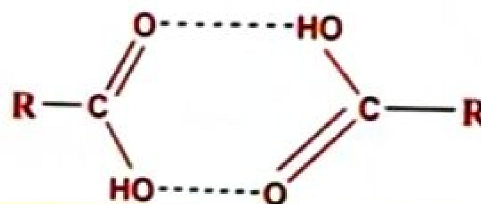
الخواص العامة للحوامض الكاربوكسيلية:

1- الخواص الفيزيائية:

- تكون الحوامض الكاربوكسيلية ذات الكتل المولية الواطئة (اقل من C_{10}) سوائل وذات رائحة حادة وغير مقبولة.

علل تكون درجة غليان الحوامض الكاربوكسيلية اعلى من درجة غليان الكحولات المقابلة لها؟

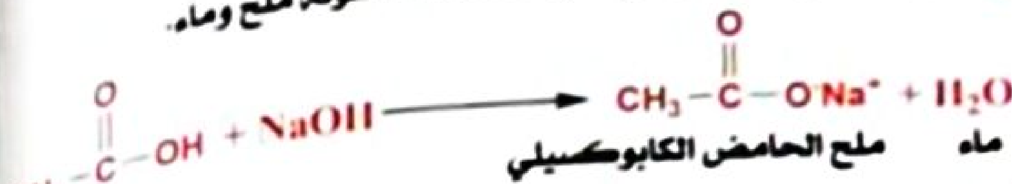
ج/ يرجع السبب الى تكوين اصرتين هيدروجينيتين بين كل جزيئتين من جزيئات الحوامض وبسبب الصفة القطبية الكبيرة لجزيئات مجموعتي الكاربوكسيل في جزيئة الحامض والتي تفوق تلك المناظرة لها في الكحولات.



- تكون الحوامض الكاربوكسيلية ذات الكتل المولية الصغيرة جيدة الذوبان في الماء اما الاكبر فتقل قابلية ذوبانها.

2 - الخواص الكيميائية

أ- حامضية الحوامض الكاربوكسيلية : حيث تتفاعل مع القواعد NaOH مكونة ملح وماء.

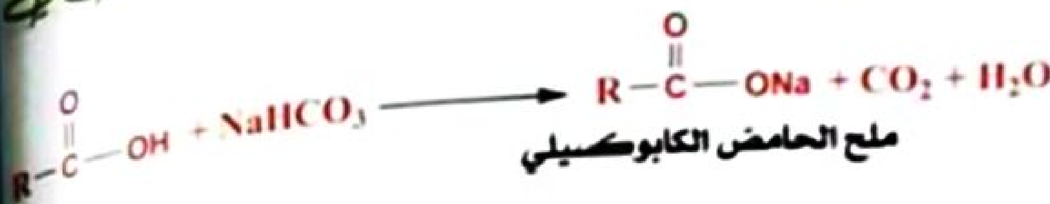


$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + NaOH \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-Na^+ + H_2O$$

ملح الحامض الكاربوكسيلي   ماء

ب- تفاعل الحوامض الكاربوكسيلية مع الكاربونات او البيكاربونات:

- تتفاعل الحوامض الكاربوكسيلية مع CO_3 او $NaHCO_3$ محررة غاز CO_2 ويعد من احدى التفاعلات المهمة التي تستخدم للكشف عن مجموعة الكاربوكسيل في المركبات العضوية الكاربوكسيلية.



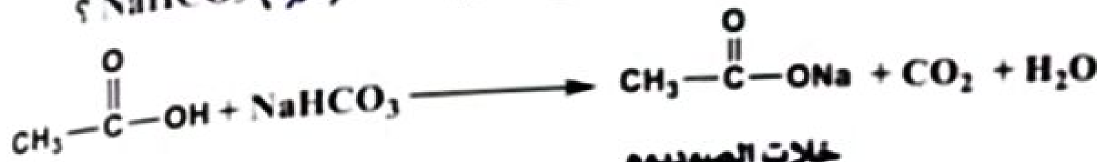
$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + NaHCO_3 \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa + CO_2 + H_2O$$

ملح الحامض الكاربوكسيلي

تمرين 23

اكتب معادلة تفاعل حامض الخليك مع بيكاربونات الصوديوم $NaHCO_3$ ؟

الحل:



$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa + CO_2 + H_2O$$

حامض الخليك
حامض الايثانويك

خلات الصوديوم
(ايثانوات الصوديوم)

- $NaHCO_3$ تسمى بمصطلح (كاربونات الصوديوم الهيدروجينية)

ج- تفاعل الحوامض الكاربوكسيلية مع الكحولات لتكوين (الاسترات)

- يتم هذا التفاعل بوجود حامض مثل HCl او H_2SO_4 حين يكون التفاعل انعكاسي ($\rightleftharpoons$) ويدعوه بالاسترة.

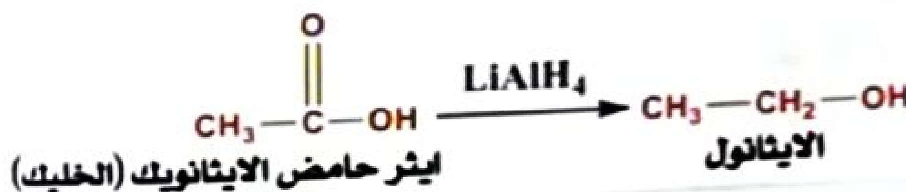


$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + R-OH \underset{}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R + H_2O$$

حامض كاربوكسيلي   كحول   استر   ماء

(سوف يتم شرح هذا التفاعل في موضوع (الاسترات))

د- يمكن تحويل الحوامض الكاربوكسيلية الى كحولات وذلك عن طريق اختزالها بـ هدريد الليثيوم الالمنيوم $LiAlH_4$ والايثر حيث سوف تختزل لتعطي كحولات اولية :



$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3-CH_2-OH$$

ايثر حامض الايثانويك (الخليك)   الايثانول

حول حامض البيوتانويك الى البيوتانول؟



$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$$

ملاحظة مهمة جداً:

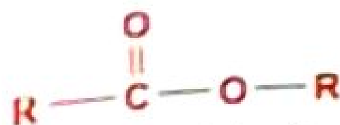


- كحول اولي $\xrightarrow[\text{[Red]}]{Ni/Pt}$ $+H_2$ الدهايد
- كحول ثانوي $\xrightarrow[\text{[Red]}]{Pt/Ni}$ $+H_2$ الدهايد
- الكان $\xrightarrow[HCl]{Zn/Hg}$ الدهايد
- الكان $\xrightarrow[HCl]{Zn/Hg}$ كيتون
- كحول اولي $\xrightarrow[\text{ايثر}]{LiALH4}$ حامض كاربوكسيلي

* ان فيتامين C (Vitamin C) يدعى حامض الاسكوربيك وهو من اشهر انواع الفيتامينات في حياتنا اليومية يتوفر في معظم الحمضيات بنسب متفاوتة وهو مثال على الحوامض الكابوكسيلية.



6 الاسترات



تعد الاسترات مواد عضوية مشتقة من الحوامض الكاربوكسيلية حيث تشترك معها بوجود



الصيغة العامة للاسترات هي :

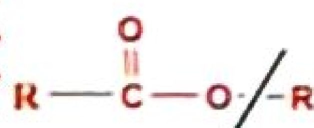


حيث ان R يمكن ان تكون H بينما $\acute{R}$ يجب ان تكون ذرة C كاربون.

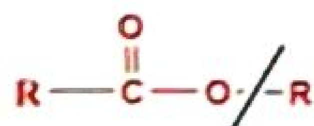
تسمية الاسترات:

يقسم الاستر الى قسمين:

1- القسم الاول لا يمتلك اوكسجين

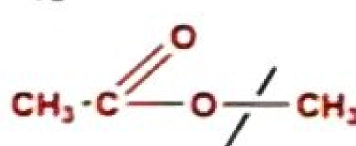


2- القسم الثاني يمتلك ذرتين اوكسجين

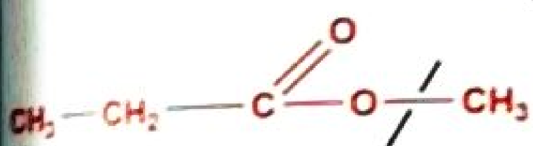


الكان / الكانوات

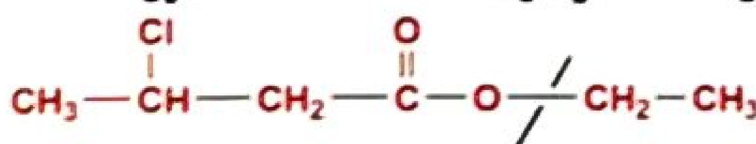
اما اذا وجدت تفرعات فتوضع هنا



مثيل ايثانوات



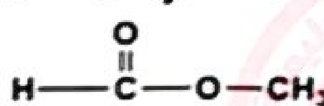
مثيل بروبانوات



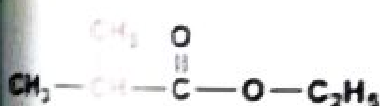
اثيل 3-كلورو بيوتانوات

تمرين 26

1- اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي :

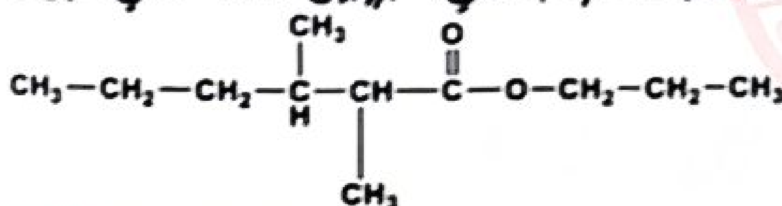


مثيل ميثانوات



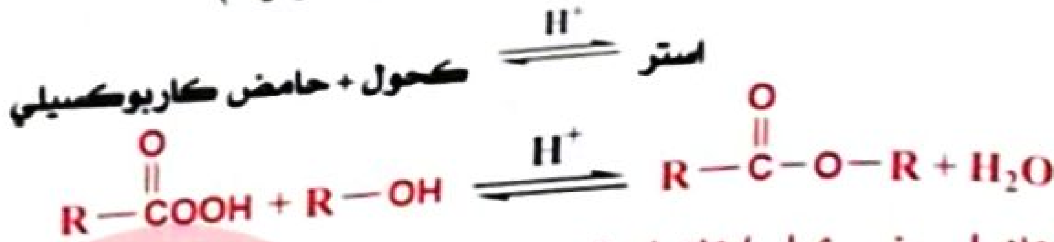
اثيل -2- مثيل بروبانوات

2- ارسم الصيغة البنائية للمركب الاتي: بروبيل -2، 3- ثنائي مثيل هكسانوات؟

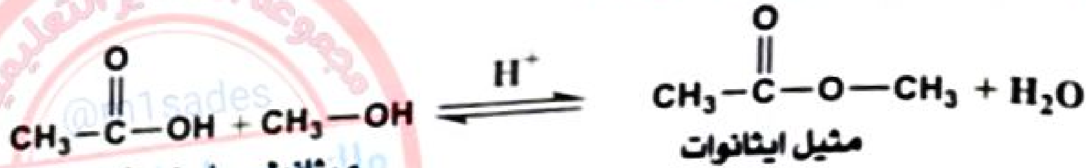


الاسترات: هنالك طريقتان لتحضير الاسترات:

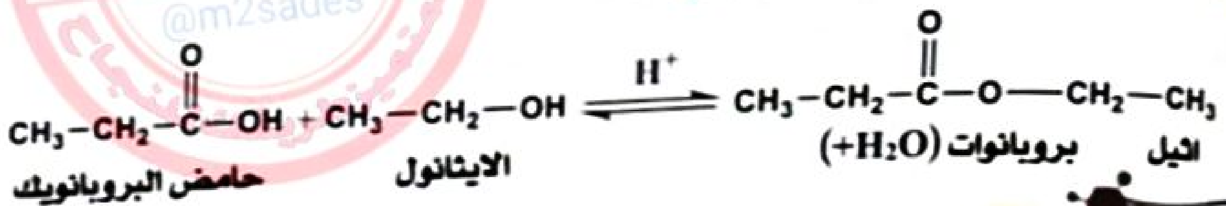
الطريقة الأولى: والتي تعلمناها سابقاً في (الحوامض الكاربوكسيلية)



مبتدأ بالميثانول حضر مثيل ايثانوات؟

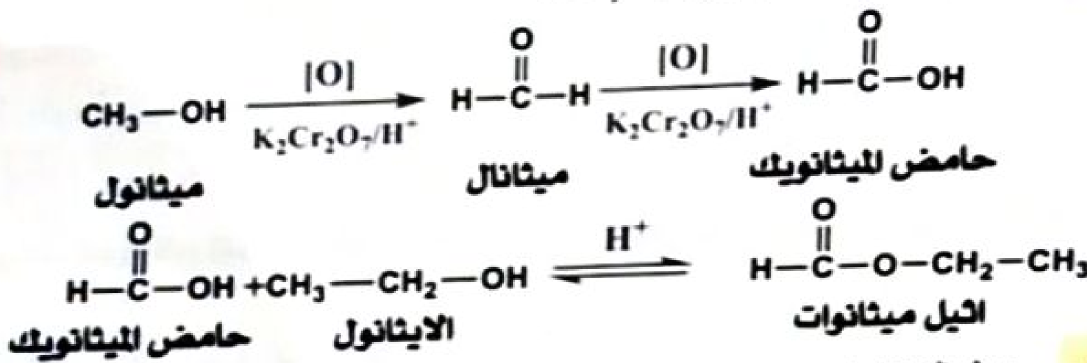


مبتدأ بالايثانول حضر اثيل بروبانوات؟

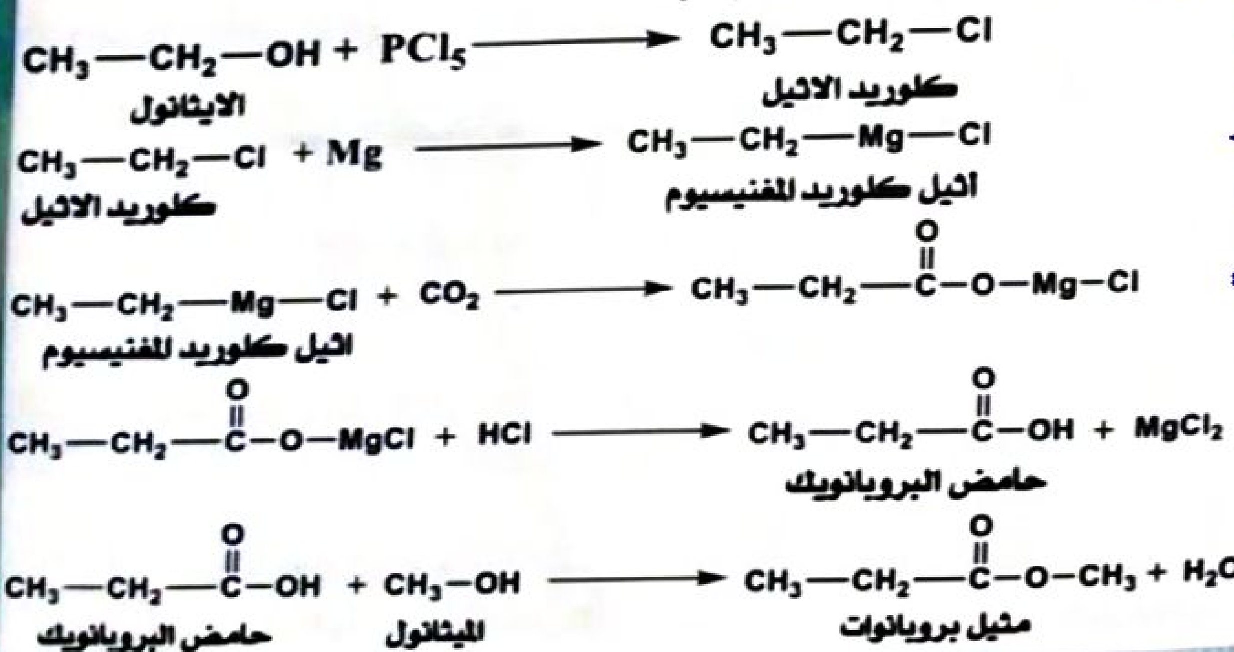


تمرين 27 مهم جداً

1- مبتدا بالميثانول حضر اثيل ميثانوات؟



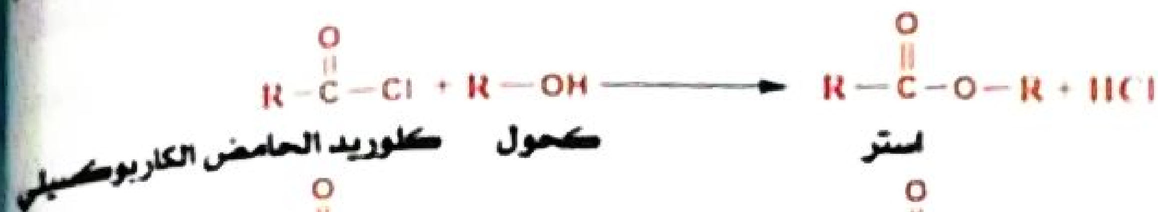
2- مبتدا بالايثانول حضر مثيل بروبانوات؟





الطريقة الثانية لتحضير الاسترات :

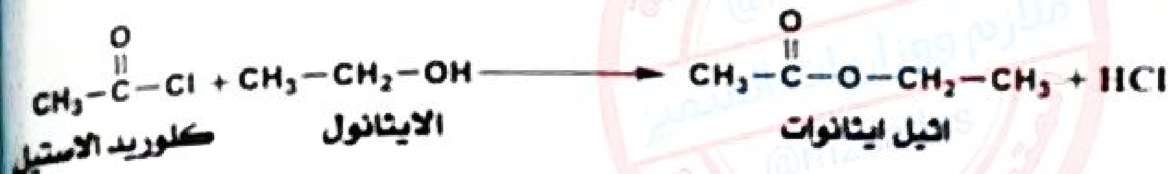
وذلك عن طريق مفاعلة كلوريد الحامض الكاربوكسيلي مع الكحول بوجود البيريدين للتخلص لازالة حامض HCl المتكون





تمرين 27

3- مبتدأ بكلوريد الاستيل حضر اثيل ايثانوات ؟



الخواص العامة للاسترات:

1- الخواص الفيزيائية:

علل درجة غليان الاسترات اقل من الحوامض الكاربوكسيلية ؟

ج/ وذلك لعدم قدرتها على تكوين اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئاتها .

2- الخواص الكيميائية للاسترات:

أ) التحلل المائي للاستر في محيط حامضي حيث يتضمن:





س اكتب تفاعل تحلل اثيل ايثانوات في محيط حامضي ؟



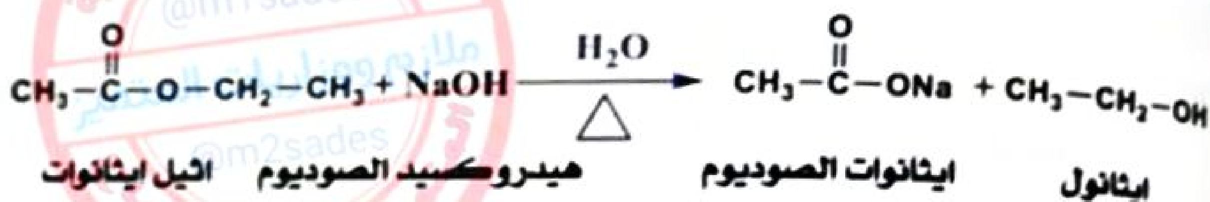



يتحلل الاستر في محيط قاعدي حيث يتصبن


استر + NaOH $\xrightarrow[\Delta]{H_2O}$ كحول + ملح الحامض الكاربوكسيلي

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R + NaOH \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa + R-OH$$

اكتب تفاعل تحلل اثيل ايثانوات في وسط قاعدي ؟


$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3 + NaOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa + CH_3-CH_2-OH$$

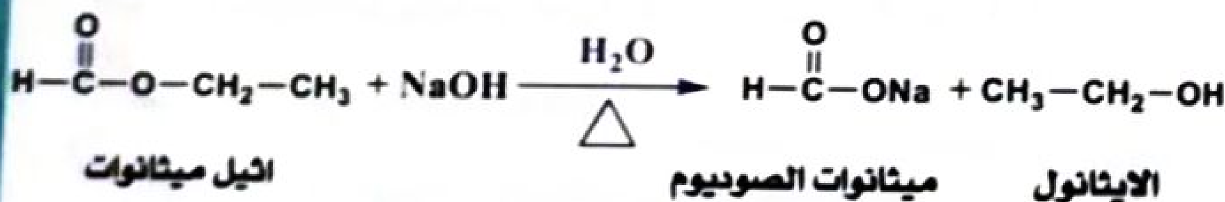
اثيل ايثانوات ، هيدروكسيد الصوديوم ، ايثانوات الصوديوم ، ايثانول

وزاري 28


اكتب تفاعلات التحلل المائي لاثيل ميثانوات مرة في وسط حامضي واخر في وسط قاعدي؟

$$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3 + H_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3-CH_2-OH$$

اثيل ميثانوات ، حامض الميثانويك ، الايثانول


$$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3 + NaOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-ONa + CH_3-CH_2-OH$$

اثيل ميثانوات ، ميثانوات الصوديوم ، الايثانول



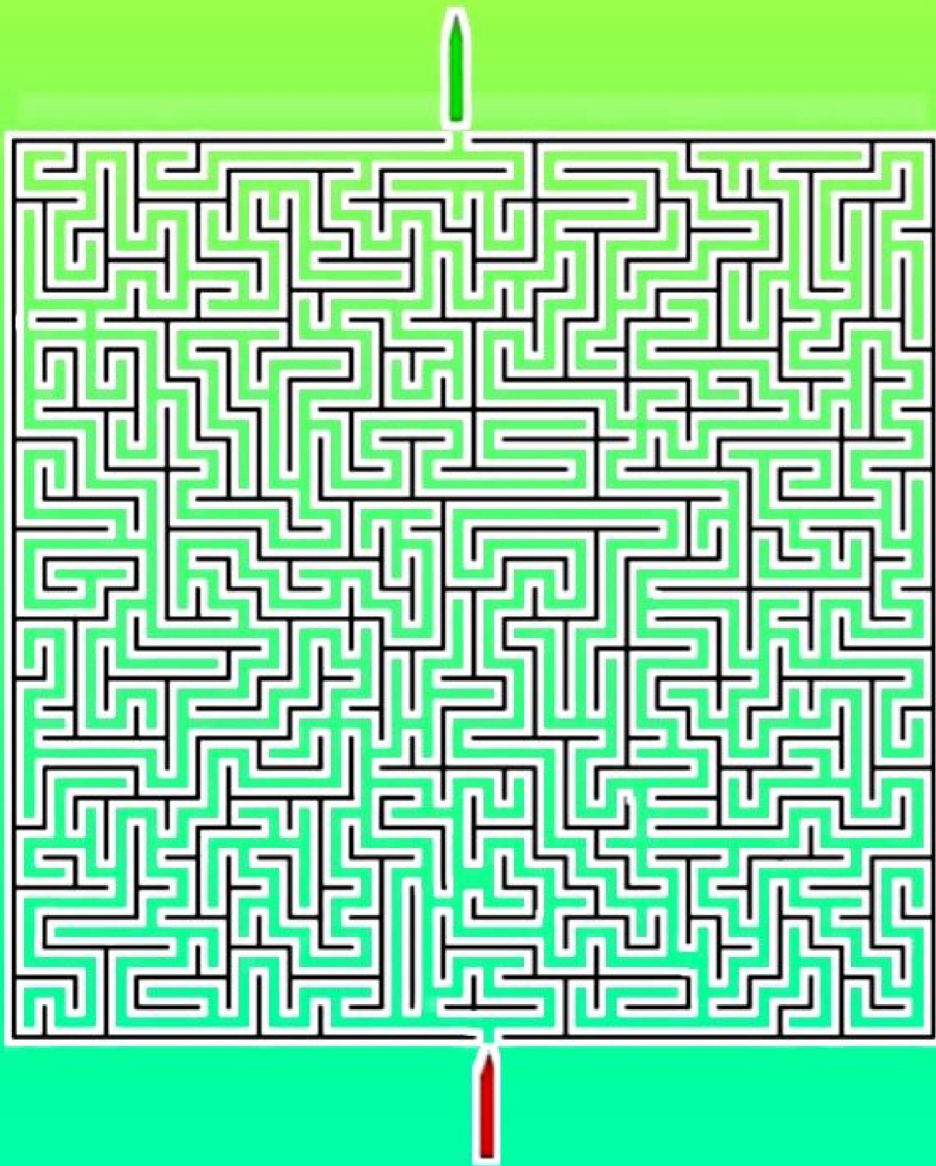


من شروط المُذاكرة تغطي التعريف بيدك وتكعد اتراجعه واذا نسيته تبيّن اول حرف وتسوي نفسك متشوف







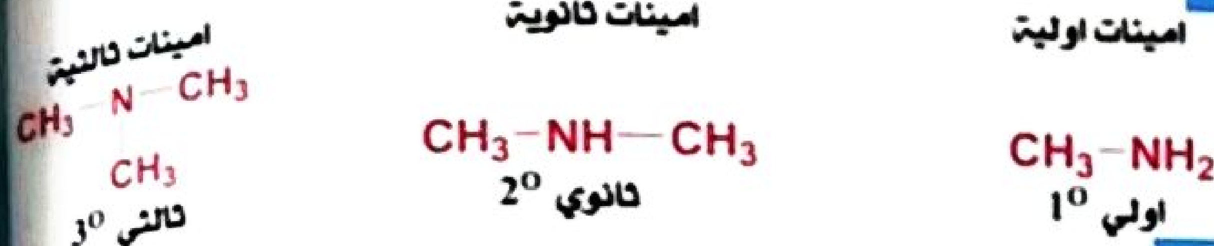




7 الامينات R – NH_2

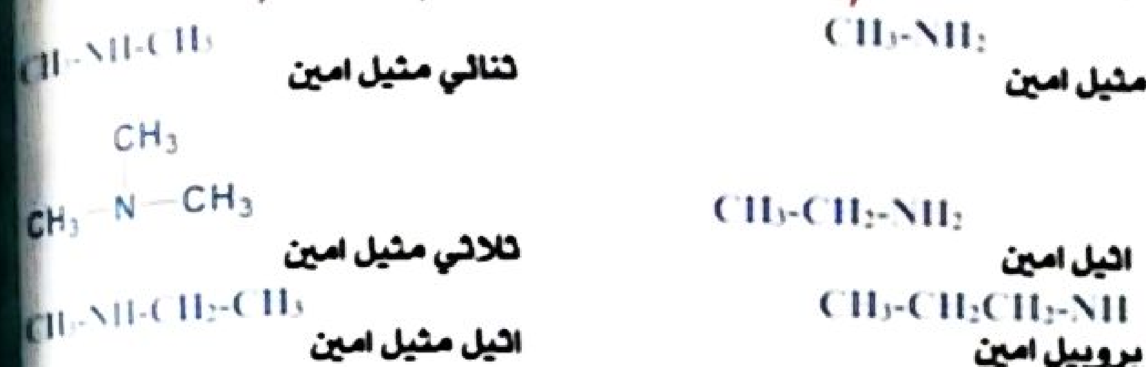
• تعد الامينات من مشتقات الامونيا NH_3 حيث تحل مجموعة الكيل واحدة او اكثر محل ذرة هيدروجين واحدة او اكثر .

اصناف الامينات



تسمية الامينات :

أ- التسمية الشائعة (القديمة) وتسمى حسب القاعدة (الكيل + امين)

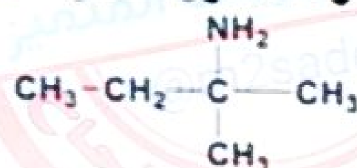


ب- التسمية الحديثة حسب نظام IUPAC

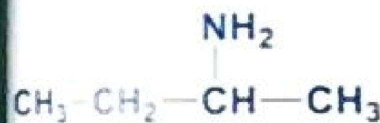
01 نرقم السلسلة الكاربونية من الطرف الاقرب لمجموعة الامين NH_2.

02 نعتبر NH_2 فرع ونعطيه اسم امينو.

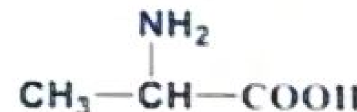
03 اذا كانت هناك معوضات اخرى فتسمى كما تعلمنا سابقاً .



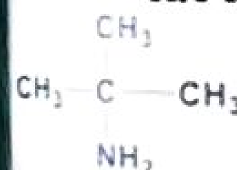
2-امينو-2-مثيل بيوتان



2-امينو بيوتان



حامض 2-امينو البروبانويك



2-امينو-2- مثيل بروبان

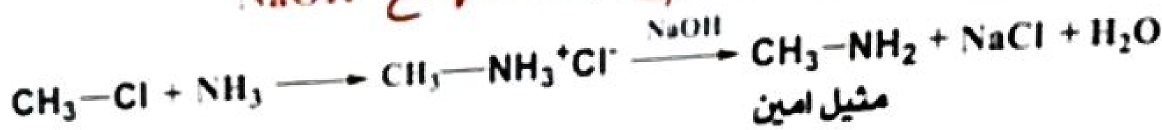


تحضير الامينات

هناك طريقتين لتحضير الامينات:



تفاعل الامونيا مع هاليدات الالكيل ثم معاملتها مع NaOH

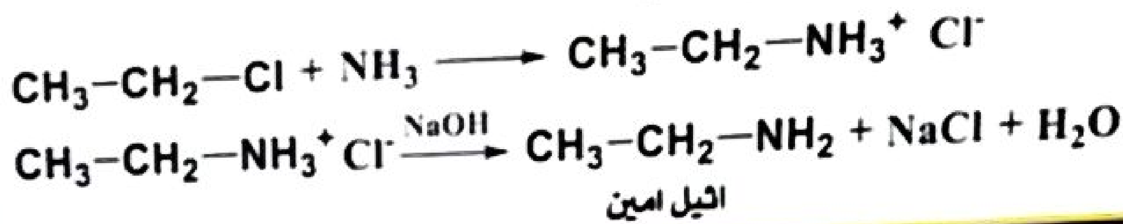


$$CH_3-Cl + NH_3 \longrightarrow CH_3-NH_3^+Cl^- \xrightarrow{NaOH} CH_3-NH_2 + NaCl + H_2O$$

مثيل امين



حضر اثيل امين من هاليد الكيل مناسب؟



$$CH_3-CH_2-Cl + NH_3 \longrightarrow CH_3-CH_2-NH_3^+\ Cl^-$$

$$CH_3-CH_2-NH_3^+Cl^- \xrightarrow{NaOH} CH_3-CH_2-NH_2 + NaCl + H_2O$$

اثيل امين

- تعد هذه الطريقة غير ناجحة مختبرياً لان الناتج مزيج من عدة امينات اولية وثانوية وثالثية حيث يصعب فصلهم في المختبر لذلك سنكتفي بتحضير الامينات الاولية فقط.



تفاعل الامونيا مع الكحولات:



$$CH_3-OH + HNH_2 \longrightarrow CH_3-NH_2 + H_2O$$

ميثانول — امونيا — مثيل امين — ماء



حضر بروبيل امين باستخدام كحول مناسب؟



$$CH_3-CH_2-CH_2-OH + HNH_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-NH_2 + H_2O$$

بروبيل امين



الخواص العامة للامينات

اولاً

الخواص الفيزيائية:

علل درجة غليان الامينات أعلى من درجة غليان المركبات القابلة لها غير القطبية ؟

ج/ بسبب قابليتها على تكوين اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئاتها .

علل الامينات مركبات قابلة للذوبان في الماء ؟

ج/ بسبب قابلتها على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزيئات الماء .

- يمكن للامينات الذوبان في بعض المذيبات العضوية كالبنزين والايثر.

ثانياً

الخواص الكيميائية:

علل تعتبر الامينات من قواعد لويس ؟

ج/ بسبب وجود المزدوج الالكتروني غير المشترك لذرة النيتروجين والذي يمكن ان يكون اصرة جديدة مع بروتون حوامض لويس .

- يمكن للامينات التفاعل مع الحوامض مثل HCl لتكوين ملح الامين .



$$R{-}NH_2 + HCl \longrightarrow R{-}NH_3^+Cl^-$$

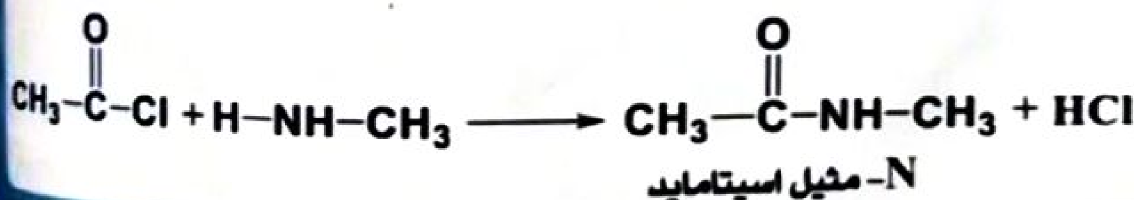
امين — ملح الامين

حيث يمكن لهذا الملح ان يعود لتكوين الامين مرة اخرى



$$R{-}NH_3^+Cl^- \xrightarrow{NaOH} R{-}NH_2 + NaCl + H_2O$$

- تفاعل الامينات مع كلوريدات الحامض (الاسيلة) لتكوين مركبات عضوية تدعى (الاميدات) .



$$CH_3{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}Cl + H{-}NH{-}CH_3 \longrightarrow CH_3{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}NH{-}CH_3 + HCl$$

N- مثيل اسيتامايد

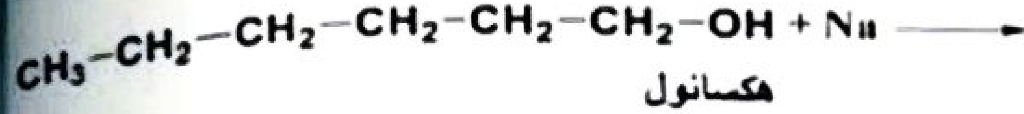


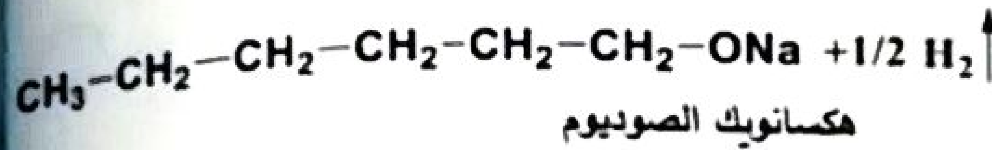
نظم جدولاً يتضمن المعلومات الاتية حول كل من المركبات المبينة ادناه ومنها العائلة التي ينتمي اليها المركب ، اسم المركب والمجموعة الوظيفية؟

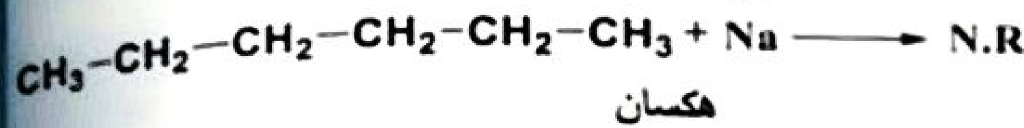
الصيغة	اسم المركب	العائلة	المجموعة الوظيفية
CH_3-CH_3	ايثان	الكانات	لا يوجد
CH_3-CH_2-Cl	كلوروايثان	هاليد الالكيل	C-Cl
CH_3-CH_2-OH	ايثانول	الكحولات	C-OH
CH_3-O-CH_3	ميثوكسي ميثان	الايثرات	O-CH_3
CH≡CH	الايثاين	الالكاينات	C≡C
CH_3-COOH	حامض الايثانويك	الحوامض الكاربوكسيلية	COOH
CH_3-C(=O)-OCH_3	مثيل ايثانوات	الاسترات	$COOCH_3$
CH_3-C(=O)-H	الايثانال	الالدهايد	C=O
CH_3-C(=O)-CH_3	البروبانون	الكيتون	C=O
CH_3-CH_2-NH_2	امينوايثان اثيل امين	الامينات	-NH_2

س2 انبوبتا اختبار تحتويان على سائلين غير ملونين احدهما 1- هكسانول والاخرى هكسان ، كيف تميز بين السائلين ؟

ج/ يمكن التمييز وذلك عن طريق مفاعلتهما مع فلز الصوديوم حيث ان الكحول يتفاعل ويحرر غاز H_2 والالكان لا يتفاعل .



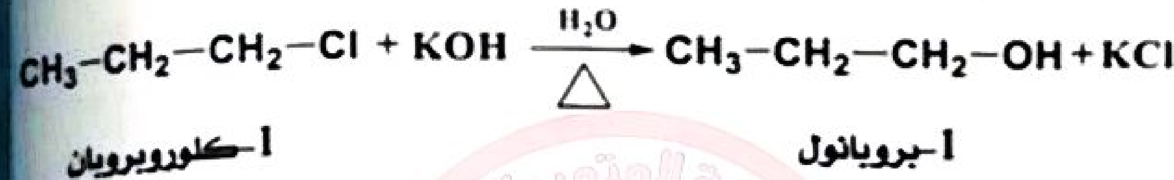




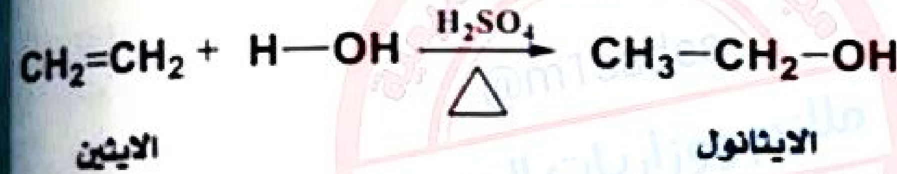


س3 اكتب المعادلات الكيميائية التي تمثل تحضير المركبات التالية من المادة الاولية المذكورة او أي مواد اخرى مناسبة ؟

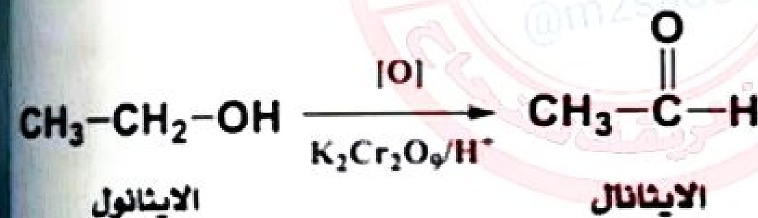
أ) 1- بروبانول من 1- كلورو بروبان



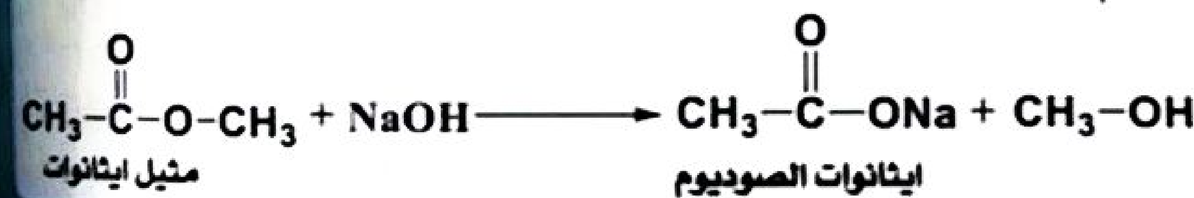
ب) الايثانول من الايثين



جـ) الايثانال من الايثانول



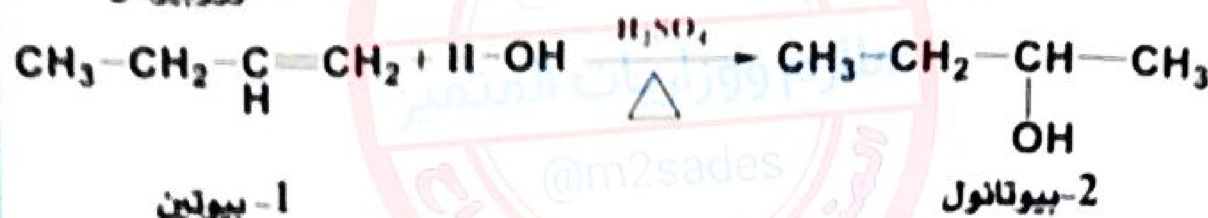
د) ايثانوات الصوديوم من مثيل ايثانوات





س4 يتوافر في المختبر كل من المركبات (1-كلوروبيوتان) و (1-بيوتين) ايهما تختار لتحضير (1-بيوتانول)؟



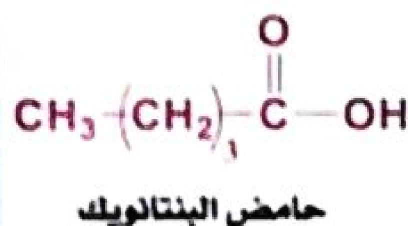


واستطيع اختار (1-كلوروبيوتان) لانه (1-بيوتين) يعطي (2-بيوتانول).

س5 اعط اسماء المركبات العضوية الاتية على وفق نظام IUPAC ؟



2.2-ثنائي مثيل-1-بيوتانول



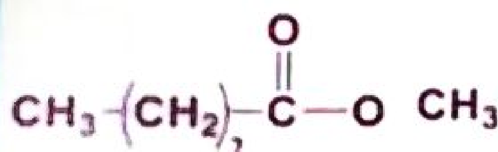
حامض البنتانويك



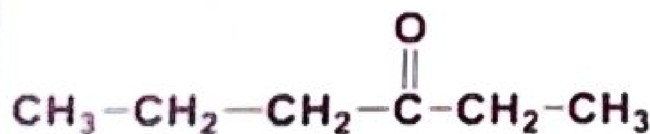
1-بروموبنتان



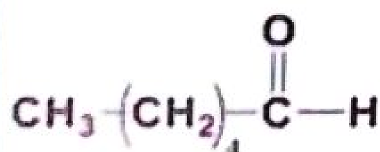
1-امينوبيوتان



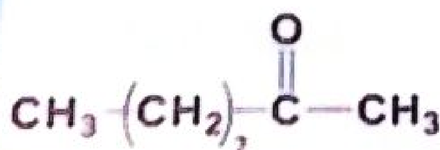
مثيل بيوتانوات



3-هكسانون



هكسانال

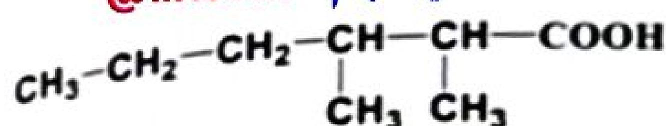


2-بنتانون

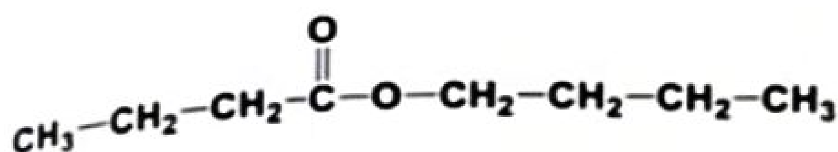


س6) ما الصيغة البنائية للمركبات العضوية الآتية:

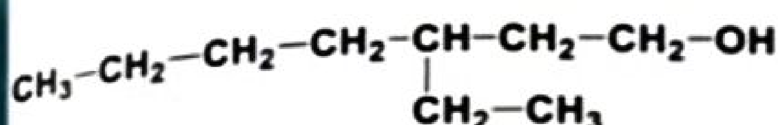
1) حامض 3,2- ثنائي مثيل الهكسانويك



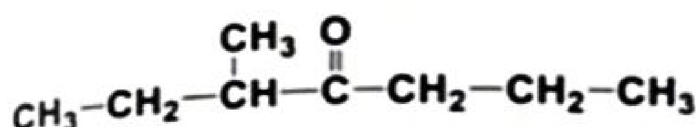
2) بيوتيل بيوتانوات



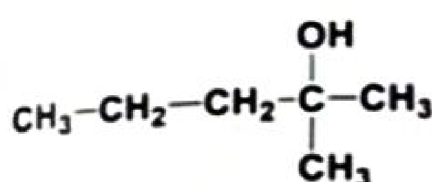
3) 3-اثيل هبتانول



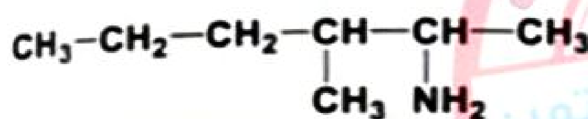
4) 3-مثيل-4-هبتانون



5) 2-مثيل-2-بنتانول



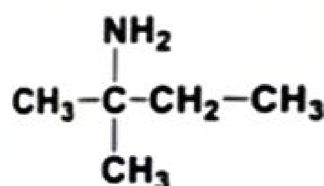
6) 3-اثيل-2-امينو هكسان



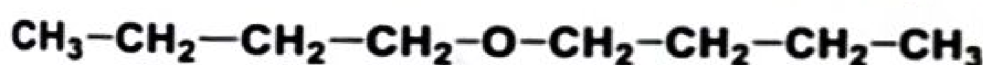
7) 3-كلوروهكسان



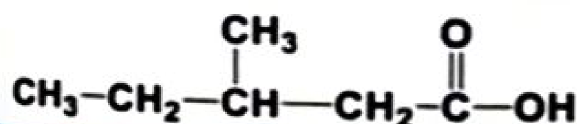
8) 2-أمينو-2- مثيل بيوتان

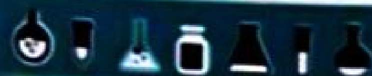


9) ثنائي بيوتيل أيثر (بيوتوكسي بيوتان)



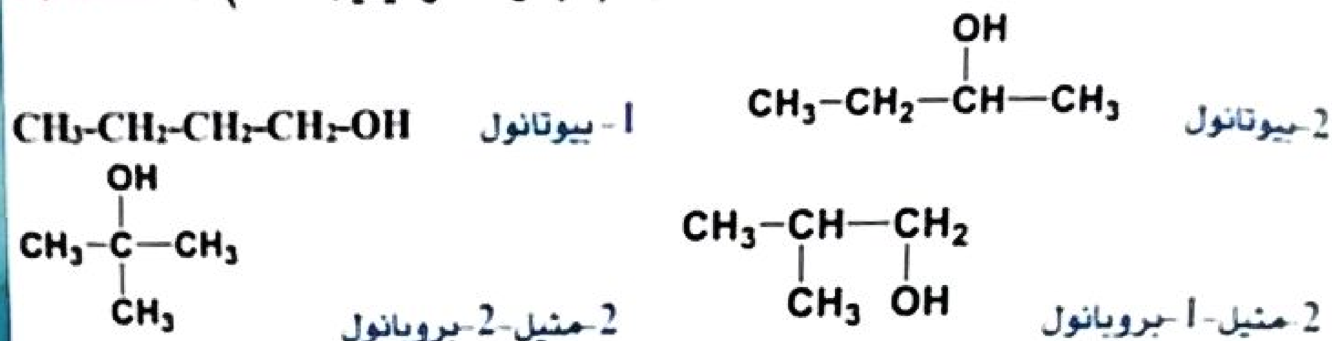
10) حامض 3-مثيل بنتانويك





س/ اكتب بعض الصيغ البنائية المحتملة لكل من المركبات الاتية مع تبيان المجموعة الوظيفية فيها واكتب اسمائها حسب نظام IUPAC ؟

كحول (المجموعة الوظيفية OH-) ← C_4H_9OH



اما الدهايد او كيتون C_4H_8O

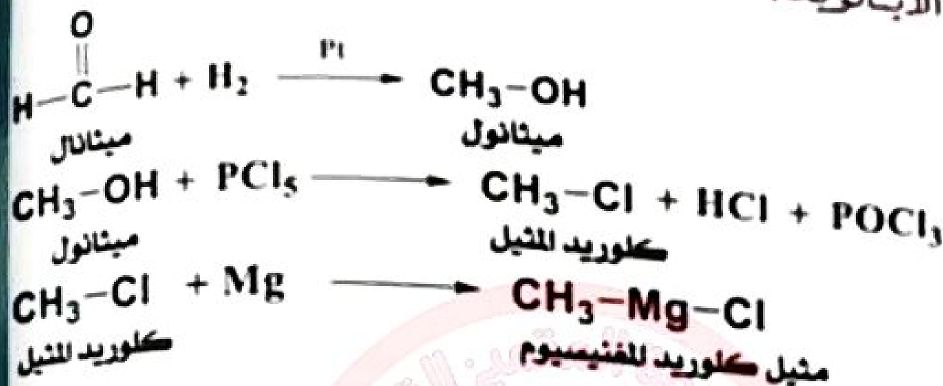
كيتون	الدهايد
$CH_3-CH_2-CO-CH_3$ 2-بروبانون	$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$ بيوتانال
للمجموعة الوظيفية هي C=O للالدهايد والكيتون	$CH_3-CH(CH_3)-CHO$ 2-مثيل بروبانال

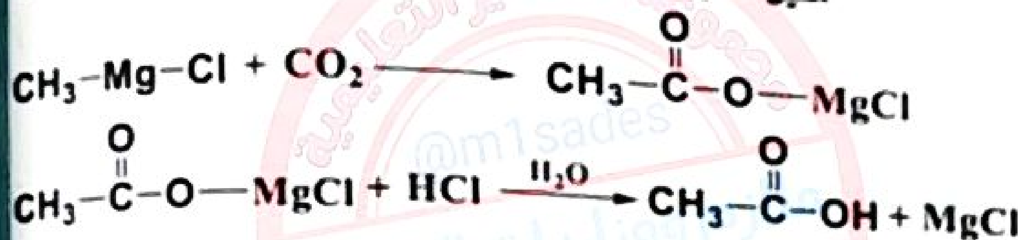
اما حامض كاربوكسيلي او استر $C_4H_8O_2$

استر	حامض كاربوكسلي
$CH_3-CH_2-CO-O-CH_3$ مثيل بروبانوات	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ حامض البيوتانويك
$CH_3-CO-O-CH_2-CH_3$ اثيل ايثانوات	$CH_3-CH(CH_3)-COOH$ حامض 2-مثيل البروبانويك
$H-CO-O-CH_2-CH_2-CH_3$ بروبيل ميثانوات	
المجموعة الوظيفية الفعالة $-COOR$	المجموعة الوظيفية الفعالة $-COOH$

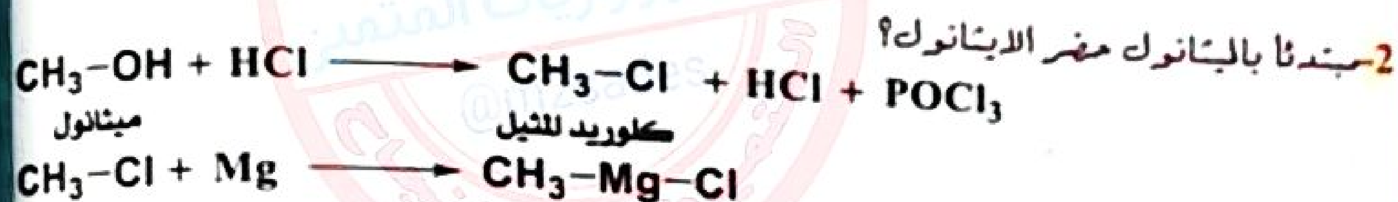
س 8 / اكتب المعادلات الكيميائية التي تعبر عن التفاعلات الاتية:

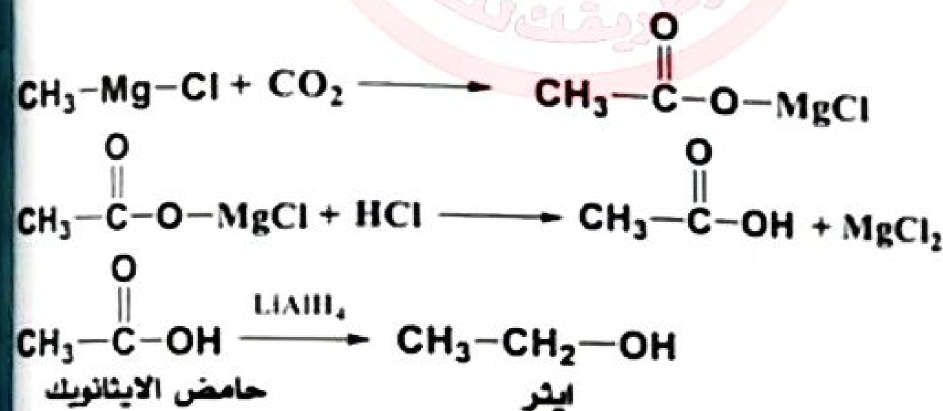
1- مبتدئا بالميثانال حضر حامض الايثانويك؟



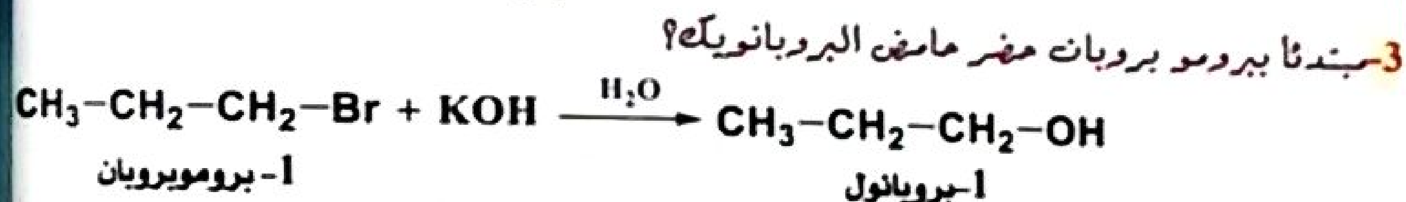


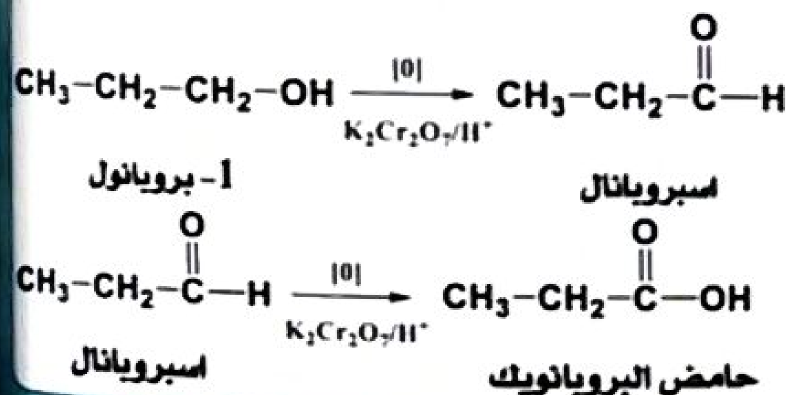
2- مبتدئا بالميثانول حضر الايثانول؟





3- مبتدئا ببرومو بروبان حضر حامض البروبانويك؟







س9/ مركب عضوي قانونه العام $C_nH_{2n+2}O$ وكتلته المولية 60 g/mol لا يستجيب لكاشف لوكاس ولكنه يتأكسد تماماً. اكتب الصيغة الجزيئية والتركيبية للمركب ثم اذكر التفاعل مع تسمية النواتج وكتابة القانون العام والمجموعة الفعالة لكل ناتج؟

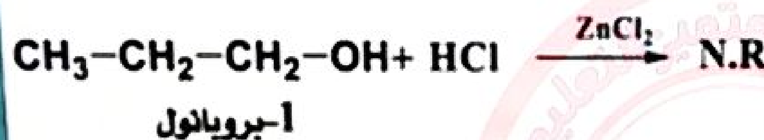
ج/ من خلال القانون $C_nH_{2n+2}O$ اذاً المركب هو اما كحول او ايثر وبما انه لا يستجيب لكاشف لوكاس ويتأكسد تماما اذا هو كحول اولي:

$C_nH_{2n+2}O = M$
$12n + 2n + 2 + 16 = 60$
$14n + 18 = 60$
$14n = 16-18$
$14n = 42$
$n = 3$



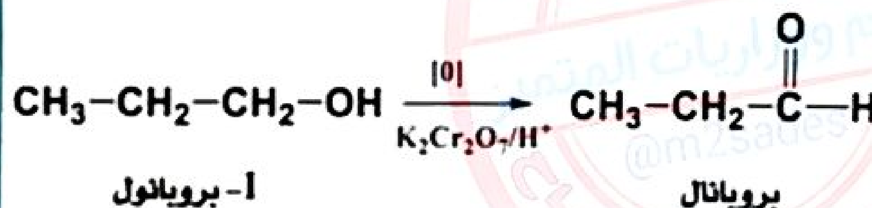
الصيغة الجزيئية C_3H_7OH
الصيغة الجزيئية $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

لا يستجيب لكاشف لوكاس



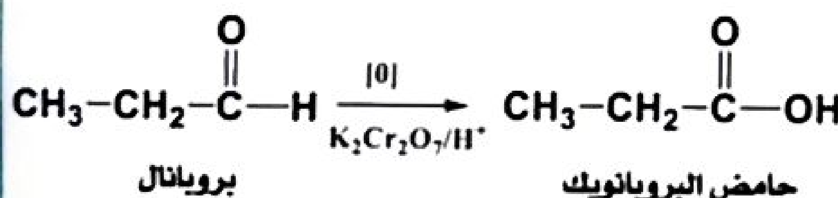
$CH_3-CH_2-CH_2-OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} N.R$
1-بروبانول

يتأكسد تماماً



$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-CH_2-C(=O)-H$
1- بروبانول — بروبانال

قانون $C_nH_{2n}O$ مجموعة فعالة $-C(=O)-$

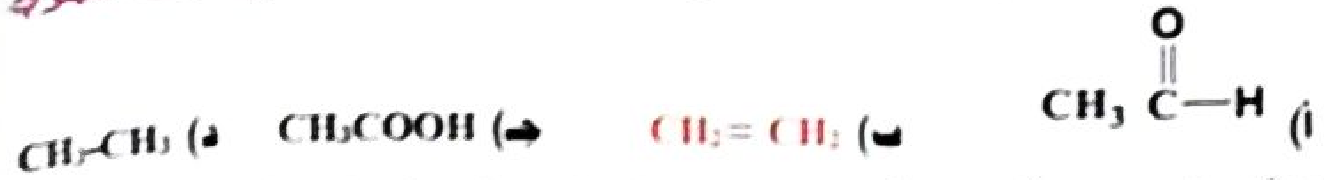


$CH_3-CH_2-C(=O)-H \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-CH_2-C(=O)-OH$
بروبانال — حامض البروبانويك

قانون $C_nH_{2n}O_2$ مجموعة فعالة $-C(=O)-OH$

س10/ اختر الاجابة الصحيحة فيما يأتي

1- عند تسخين الايثانول CH_3CH_2OH مع حامض الكبريتيك المركز ينتج المركب العضوي



أ) $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ ب) $CH_2=CH_2$ جـ) CH_3COOH د) CH_3-CH_3

2- المركب الناتج من اكسدة المركب 2- بروبانول باستخدام $K_2Cr_2O_7$ في وسط حامضي هو

أ) بروبانال ب) بروبانون جـ) بروبين د) حامض البروبانويك

3- عند اختزال البروبانال بوساطة H_2 وبوجود Ni فان المركب الناتج

أ) حامض البروبانويك ب) 1-بروبانول جـ) بروبانول د) بروبانون

4- الغاز الناتج من تفاعل فلز الصوديوم مع كحول الايثانول

أ) CO_2 ب) O_2 جـ) CO د) H_2

5- عند اضافة ملغم (الزئبق - خارصين) الى الايثانال بوجود حامض HCl ينتج

أ) كحول اولي ب) كحول ثانوي جـ) كحول ثالثي د) الكان

6- الغاز الناتج من تفاعل حامض الايثانويك مع كاربونات الصوديوم الهيدروجينية هو

أ) H_2 ب) CO_2 جـ) O_2 د) CO

7- يستخدم كاشف لوكاس (اللا مائي $HCl/ZnCl_2$) للتمييز بين

أ) الكحولات الاولية والثانوية والثالثية ب) الالديهايدات والكيتونات جـ) الامينات الاولية والثانوية

8- عدد الصيغ البنائية المحتملة للمركب $C_3H_6Br_2$ هو

أ) 2 ب) 3 جـ) 4 د) 5

9- تتكون المرآة الفضية نتيجة مفاعلة محلول هيدروكسيد الفضة الامونياكي $Ag(NH_3)_2OH$ لاحد المركبات التالية وهو ما يدعى كاشف تولن:

أ) كيتون ب) الديهايد جـ) كحول ثالثي د) الكان

10- أي من المركبات التالية تتفاعل مع محلول فهلنك:



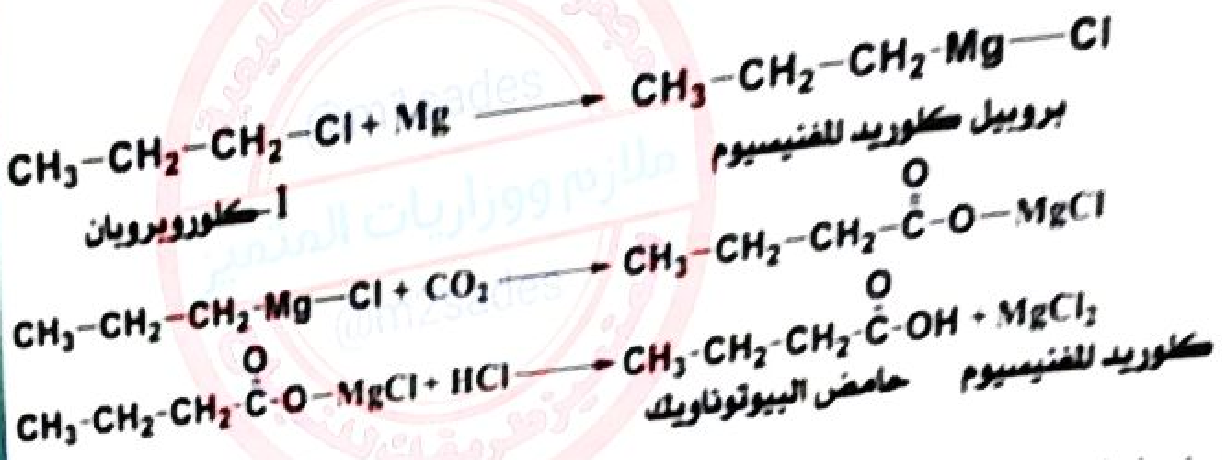
أ) $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OCH_3$ ب) $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ جـ) $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ د) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

11- نوع التفاعل الذي حول البروبانون الى 2-بروبانول يسمى تفاعل:

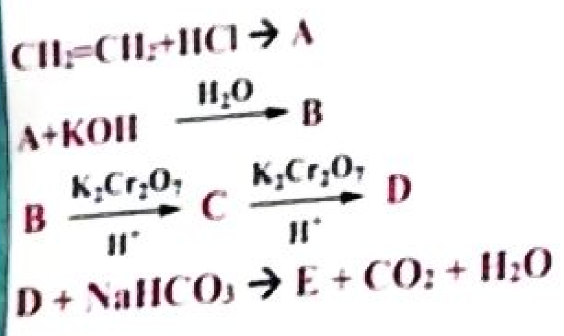
أ) تاكسد ب) حذف جـ) اختزال د) استبدال

س11 اكتب مثالاً بالمعادلات تحضير حامض البيوتانويك باستخدام كاشف كرينارد وهاليد الكيل مناسب ؟

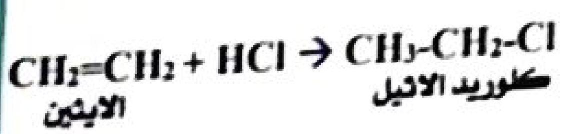
الحل:

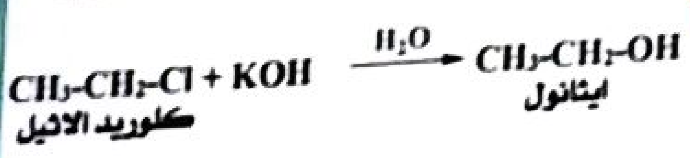


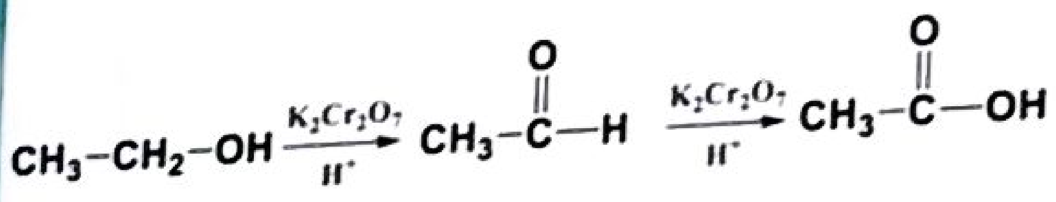
س12 فيما يلي سلسلة من التفاعلات التي تبدأ بالايثين $CH_2=CH_2$ اكتب الصيغ البنائية لكل النواتج العضوية بدءاً من A الى E ؟

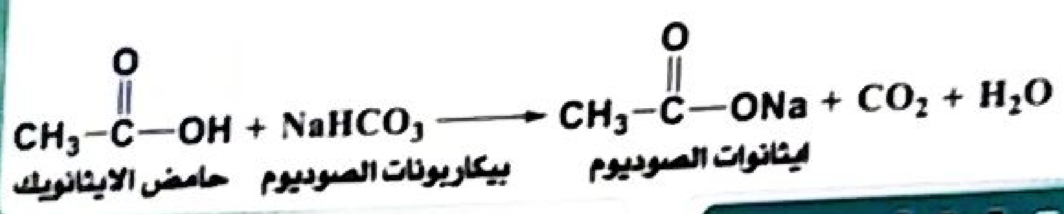


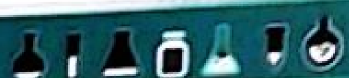
الحل:











س13) كيف تميز مختبريا بين كل نوع من المركبات الاتية

1) بروبانال وبروبانون؟
يمكن التمييز بينهم باستخدام كاشف تولن او محلول فهلنك حيث يتفاعل مع الالدهايد ولا يتفاعل مع الكيتون.

2) 1- بنتانول وبنتان؟
يمكن التمييز بينهم بواسطة فلز الصوديوم Na حيث يتفاعل مع الكحول محرر غاز H_2 ومكوناً الكوكسينات ولا يتفاعل مع الالكان.

3) بيوتانال وحامض البيوتانويك؟
يمكن التمييز بينهم بواسطة الاكسدة حيث ان الالدهايد يتاكسد لكن الحامض الكاربوكسيلي لا يتاكسد.

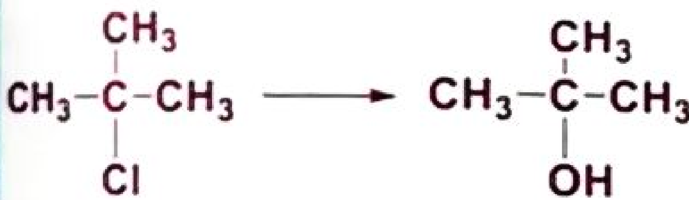
4) 2- مثيل -2- بروبانول و 1- بروبانول؟
يمكن التمييز بينهم باستخدام كاشف لوكاس حيث يتفاعل مع الكحولات الثانوية والثالثية ولا يتفاعل مع الكحولات الاولية

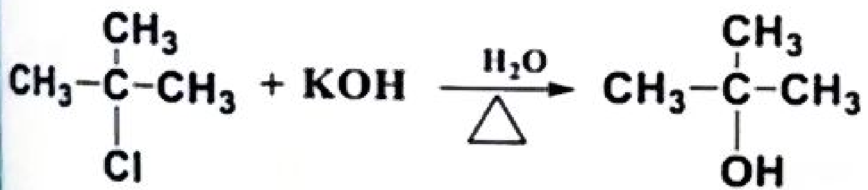
5) الايثانول وحامض الايثانويك؟
يمكن التمييز بينهم بواسطة الاكسدة حيث ان الأيثانول يتأكسد لكن الحامض لا يتأكسد.

6) اثيل امين والايثان؟
يتم التمييز بينهم بواسطة حامض HCl حيث يتفاعل مع الامينات ولا يتفاعل مع الالكانات.

س14) وضح بمعادلات كيميائية كيف تحدث التحولات الاتية:

أ)







2-كلورو-2-مثيل بروبان
2-مثيل-2-بروبانول

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \longrightarrow CH_3-CH=CH_2$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3$$

بروبانون — 2-بروبانول

$$CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3 \xrightarrow[-H_2O]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2$$

2-بروبانول — بروبين

هـ) 2- بيوتانول ⟵ 1- بيوتين

$$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3$$

1- بيوتين — 2- بيوتانول

س15) اكتب الاسم والصيغة البنائية للكحول الذي يتأكسد ليعطي:

أ) الايثانال

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

ايثانول — ايثانال

ب) 2-مثيل بروبنال

$$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_2-OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$$

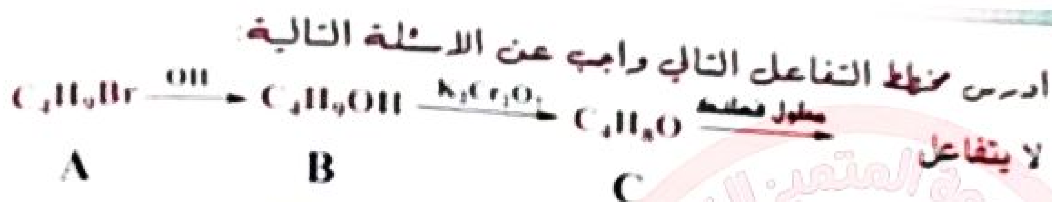
2-مثيل-1-بروبانول — 2-مثيل بروبانال

جـ) 2-بيوتانون

$$CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{C}H}-CH_3 \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$$

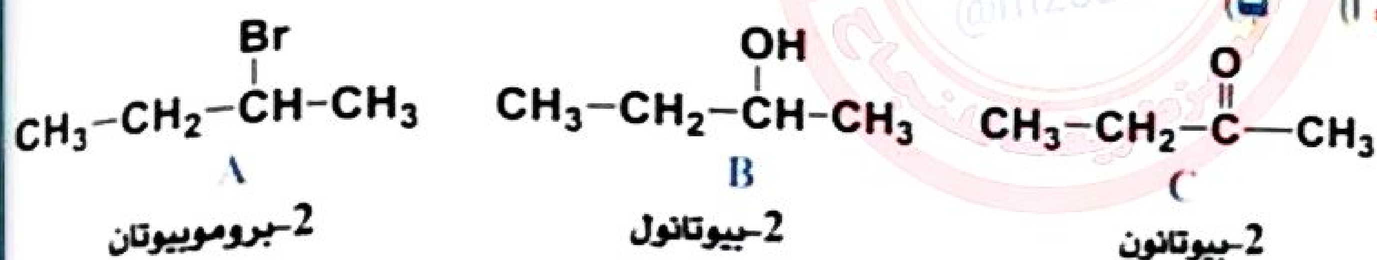
2-بيوتانول — 2-بيوتانون

س16 ادرس مخطط التفاعل التالي واجب عن الاسئلة التالية:



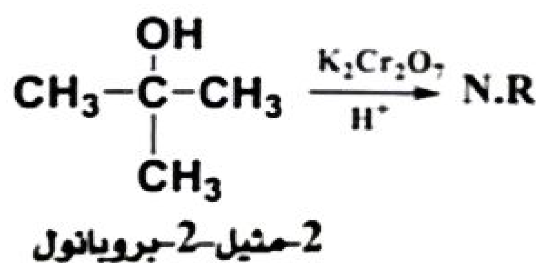
أ) اكتب الصيغ البنائية لكل من A ، B ، C ؟
ب) اعط اسماء كل من A ، B ، C ؟
جـ) ايهما اعلى درجة غليان C أم B ؟
د) اكتب صيغة بنائية اخرى للمركب B لا يتأكسد بواسطة $K_2Cr_2O_7$ المحمضة؟

الحل: أ) ب)



جـ) ان المركب B اعلى درجة غليان من C بسبب قابليته على تكوين اواصر هيدروجينية بينية بين جزيئاته

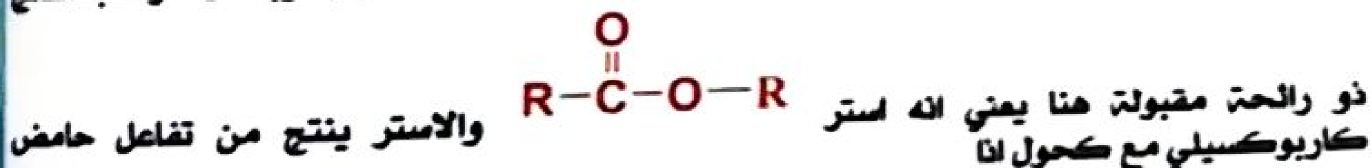
د) صيغة اخرى للمركب C بحيث لا يتأكسد



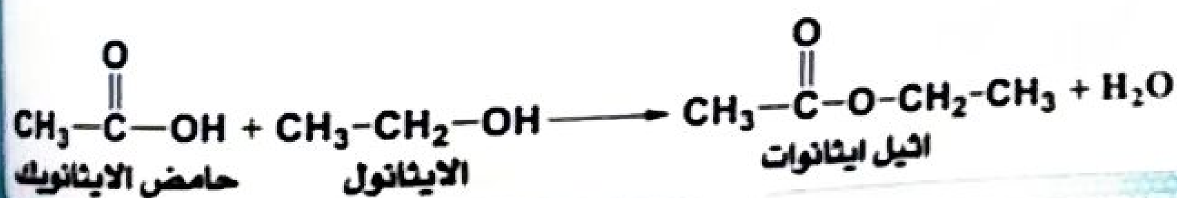
س17 يتفاعل اثنان من المركبات الواردة ادناه في وسط حامضي لينتج مركب له رائحة مقبولة وصيغته $C_4H_8O_2$ حدد المركبين ومثل التفاعل الحاصل بينهما بمعادلة كيميائية؟

CH_3-CH_3 ، CH_3-CH_2-OH ، CH_3CHO ، CH_3COOH ، $CH_3CH_2OCH_3$

الحل: ان القانون للمعطى $C_nH_{2n}O_2$ هو خاص بالاسترات والحوامض الكاربوكسيلية وبما ان المركب الناتج ذو رائحة مقبولة هنا يعني انه استر



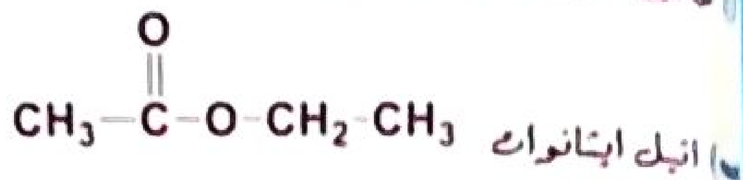
والاستر ينتج من تفاعل حامض كاربوكسيلي مع كحول اذا



س١٨ اكتب معادلات كيميائية تبين تحضير المواد التالية مبتدئاً من الايثانول و أي مواد غير عضوية او عضوية مناسبة:

أ) حامض الايثانويك CH_3COOH

ب) اثيل ايثانوات



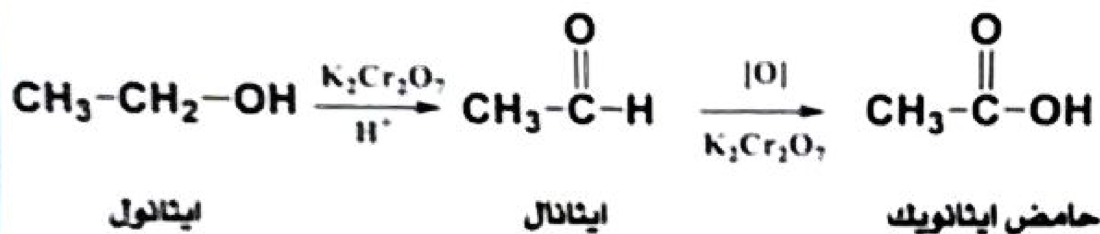
جـ) كلورو ايثان



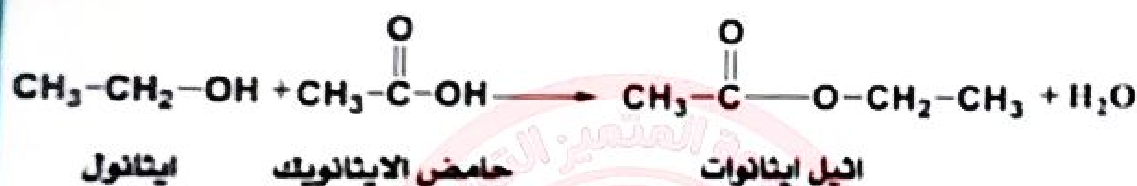
د) اثيل كلوريد المغنيسيوم



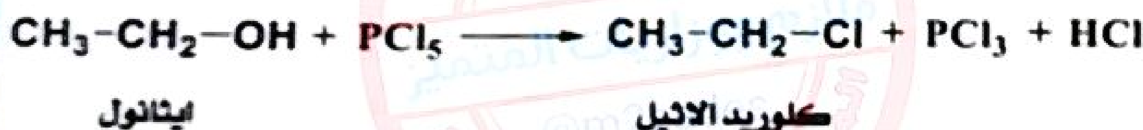
الحل: أ)



ب)



جـ)



د)





س19 مبتدئا من الاثيلين $CH_2=CH_2$ بين بالمعادلات تحضير كل من:

أ) الايثانال ب) اثيل كلوريد المغنيسيوم جـ) اثيل هكسانوات

أ)

$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$$

الاثلين الايثانول

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$$

الايثانول الايثانال

ب)

$$CH_2=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl$$

الاثلين كلوريد الايثل

$$CH_3-CH_2-Cl + Mg \longrightarrow CH_3-CH_2-Mg-Cl$$

كلوريد الاثيل اثيل كلوريد المغنيسيوم

جـ)

$$CH_2=CH_2 + H-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$$

الاثلين الايثانول

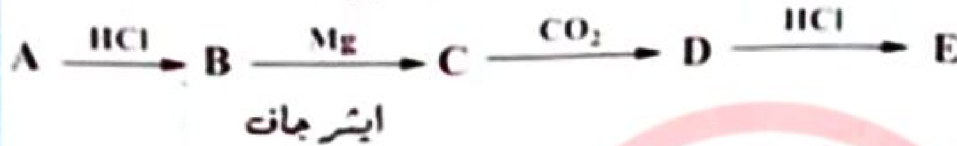
$$CH_3-CH_2-OH + CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \longrightarrow$$

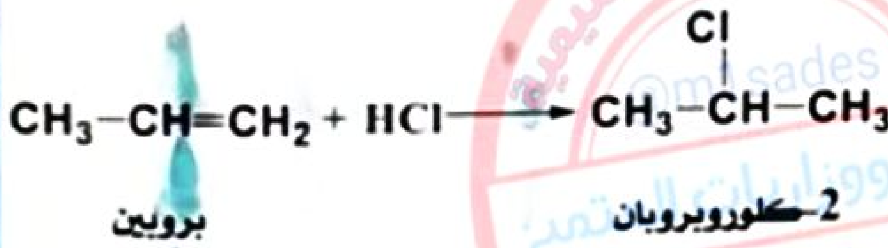
الايثانول

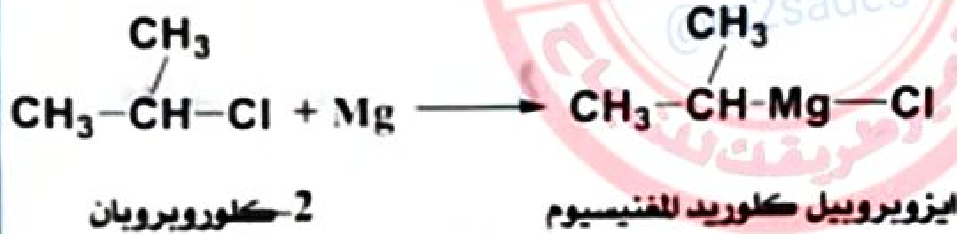
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$$

اثيل هكسانوات

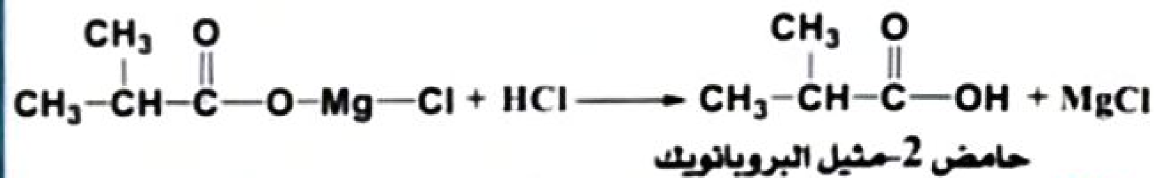
س20/ استنتج الصيغ البنائية للمركبات العضوية A B C D في مخطط التفاعلات التالية اذا علمت ان A هو مركب عضوي يحوي على ثلاث ذرات كاربون؟







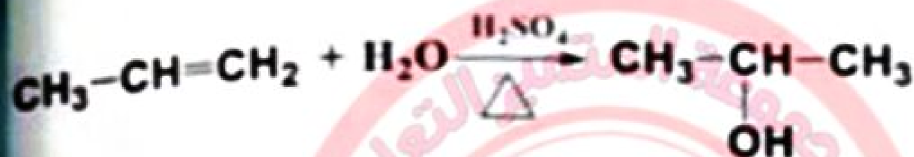




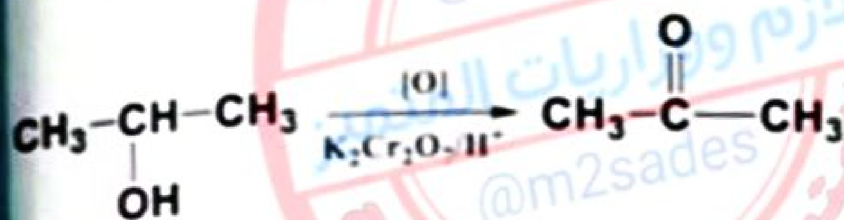
حامض 2-مثيل البروبانويك

س21 / عبر بصيغ تركيبية وبالمعادلات الكيميائية لكل من:

1) التحلل المائي للبروبين بوجود حامض الكبريتيك ثم أكسدة الناتج؟

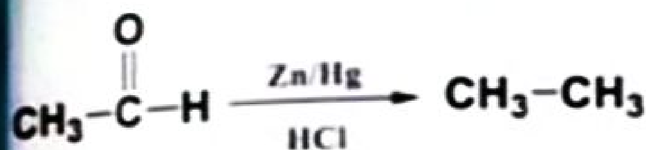


بروبين — 2-بروبانول



2-بروبانول — 2-بروبانون

2) مبتدئاً بالايثانال وما تحتاج اليه حضر الايثان وكذلك اثيل الامين؟



الايثانال — الايثان



الايثانال — الايثانول



الايثانول — امونيا — اثيل امين

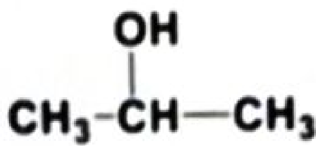
س22 يتكون المركب (A) من ثلاث ذرات كاربون يتأكسد ليعطي المركب (B) وهذا بدوره لا يعطي كشف محلول فهلنك وعند تفاعل المركب (A) مع فلز الصوديوم ينتج المركب (C) اما اذا اختزل المركب (B) فانه يعطي المركب (A)؟

أ) اكتب الصيغ البنائية لكل من A ، B ، C ؟

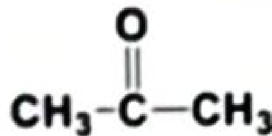
ب) اكتب المعادلات الكيميائية لتكوين المركبات A ، B ، C ؟

ج: أ)

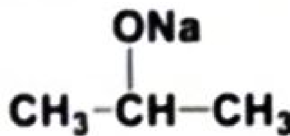
المركب A هو كحول ثانوي



المركب B هو

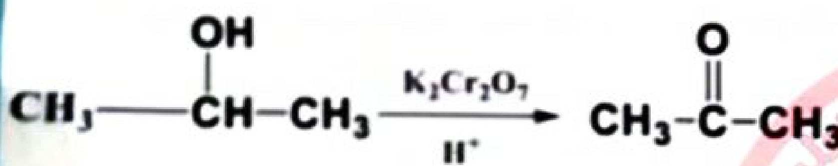


المركب C هو



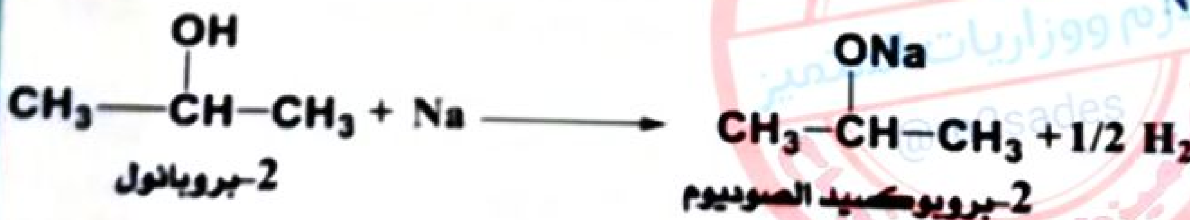
ب) المعادلات:

اكسدة A



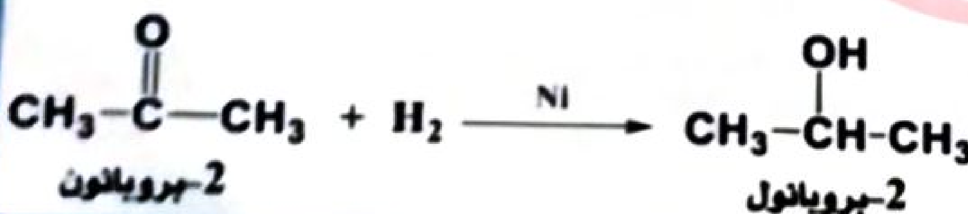
2-بروبانول 2-بروبانون

تفاعل A مع فلز Na



2-بروبانول 2-بروبوكسيد الصوديوم

اختزال B ليعطي المركب A



2-بروبانون 2-بروبانول

تمت بعون الله..

ملزمة ملازم ووزاريات المتميز

مفتاح الكيمياء



للصف السادس الاحيائي

الفصل الثامن

اعداد الاستاذ: حسين قيس الهاشمي

تابعونا على تليكرام
@m1sades





مقدمة/ تعد الكيمياء الحياتية العلم الذي يعنى بكميات التراكيب الحيوية في أجسام المخلوقات الحية حيث يدرس هذا العلم التغيرات الكيميائية التي تحدث في جسم الانسان أو أجسام المخلوقات الحية حيث ان هذا النوع من الدراسة يربط بين المجال الكيميائي والمجال الحيوي الوضيفي لتلك المخلوقات.

الكاربوهيدرات

وهي مركبات عضوية تتكون من الكاربون والهيدروجين وأوكسجين ونسبة الاوكسجين تكون مرتفعة حيث ان كل ذرة كاربون ترتبط بجزيئة ماء H_2O وصيغتها الجزيئية $C_n(H_2O)_n$.

اقسام الكاربوهيدرات

01 كاربوهيدرات معقدة:

02 كاربوهيدرات بسيطة: وهي كاربوهيدرات غالباً ما تكون على شكل سلاسل كاربونية مستمرة قابلة للالتفاف وتشكيل جزيئات ذات سلاسل كاربونية حلقية ويكون التركيبان الحلقي والمستمر في حالة اتزان مستمر.

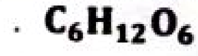
اصناف الكاربوهيدرات

1. الكاربوهيدرات احادية التسكر (سكريات احادية) : مثل الكلوكوز والفركتوز.
2. الكاربوهيدرات ثنائية التسكر (سكريات ثنائية) : مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز.
3. الكاربوهيدرات متعددة التسكر (سكريات متعددة) : مثل النشأ والسيليوز.

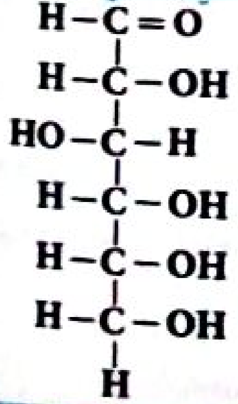
أولاً الكاربوهيدرات احادية التسكر: وتعد من ابسط انواع الكاربوهيدرات ومن الامثلة عليها الكلوكوز والفركتوز.

أ الكلوكوز او سكر العنب

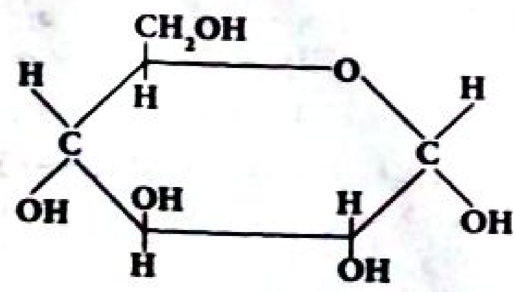
يوجد في الطبيعة والعنب وله اهمية واستعمالات طبية في تغذية المرضى واسعافهم خلال العمليات الجراحية والصيغة الجزيئية له $C_6H_{12}O_6$.



(الصيغة البنائية المفتوحة للكلوكوز)



(الصيغة البنائية المغلقة للكلوكوز)



س/ تأمل الشكلين السابقين نستنتج ما يلي:

1- الشكل الحلقي عبارة عن ايثر حلقي يحتوي عدد من مجاميع الهيدروكسيل.

2- الشكل المفتوح عبارة عن الدهايد يحتوي عدداً من مجاميع الهيدروكسيل.

س/ ما هي صفات الكلوكوز؟

ج/ 1- عبارة عن بلورات صلبة.

له درجة غليان عالية.

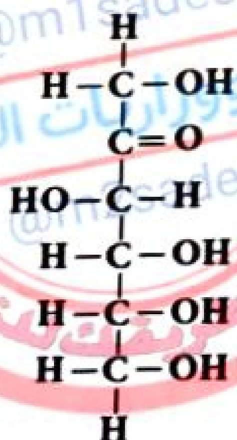
3- يذوب جيداً في الماء: ع/ ج/ بسبب وجود جزيئات الهيدروكسيل وجزيئات الهيدروجين التي تسبب بتكوين أواصر هيدروجينية مع الماء مما يؤدي الى شدة ذوبانه.

4- قطبيته عالية: ع/ ج/ بسبب وجود جزيئات الهيدروكسيل والهيدروجين التي تسبب القطبية العالية للجزيء.

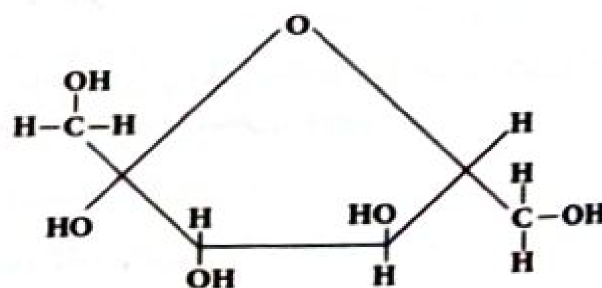
5- يتأكسد بالتفاعل مع محلول تولن ومحلول فهلنك لذا فصفاته الكيميائية تشبه الكحولات والالدهايدات ع/ ج/ بسبب احتوائه على مجاميع هيدروكسيل ومجموعة الدهايد واحدة.

ب سكر الفركتوز – سكر الفواكه

ويوجد في العسل ومعظم الفواكه والصيغة الجزيئية له $C_6H_{12}O_6$.



الصيغة البنائية المفتوحة للفركتوز



الصيغة البنائية الحلقية للفركتوز

تتشابه الخواص الفيزيائية بين الفركتوز والكلوكوز ع/ ج/ نظراً للتشابه في التركيب البنائي لهما.

س2 الفصل/ يعد سكر الفركتوز من السكريات المختزلة؟

ج/ وذلك لقابليته على التأكسد بمؤكسد مثل كاشف تولن أو محول فهلنك لذا يصنف الفركتوز على انه من السكريات المختزلة رغم انه كيتوناً.

ثانياً كاربوهيدرات ثنائية التسكر

كاربوهيدرات ثنائية التسكر: ويتكون هذا النوع من ارتباط جزيئتين من السكر الاحادي متماثلين أو مختلفين بعد فقدان جزيئة ماء ومن الامثلة على ذلك: سكرالقصب أو السكروز: ويستخلص السكروز ذو الطعم الحلو من نبات قصب السكر وعند تكرير هذا السكر وتنقيته وبلورته نحصل على مادة بيضاء نقية هي السكر المتداول في نظامنا الغذائي والذي صيغته الجزيئية $C_{12}H_{22}O_{11}$.

- ان الجزيء من السكروز يتكون من جزيء كلوكوز وجزيء فركتوز مرتبطين مع بعضهما من خلال آصرة كلايكوسيدية تنشأ بانتزاع جزيئة ماء فيها. الا انه من السهل تحلله اليهما في عملية الهضم التي تحدث في أجسامنا.

سكروز ⟵ كلوكوز + فركتوز



ثالثاً الكاربوهيدرات متعددة التسكر : وتعد بوليمراً ضخماً للسكريات الاحادية ومن اشهر الامثلة عليها النشأ والسليلوز "الخشب".

أ النشأ

وهي مادة كاربوهيدراتية ضخمة يتكون هيكلها من وحدات صغيرة هي الكلوكوز وتعد هذه الوحدات بوليمراً يمثل الكلوكوز الوحدة الاساسية في بنائه حيث يتم ترابطهما من خلال فك الأصرة الثنائية في الكاربونيل.

- جرت العادة على تسمية الاغذية الحاوية على هذا النوع من الكاربوهيدرات بالنشويات نسبة الى وجود النشأ فيها بكمية كبيرة.

ب السليلوز

وهو بوليمر ضخم للكلوكوز وعلى الرغم من تشابه الوحدة الاساسية بين السيليلوز والنشأ (كلاهما بوليمر للكلوكوز) لكنهم يختلفون في الشكل والخواص بسبب اختلاف عدد وحدات الكلوكوز واختلاف ترابطهما مع بعضهما.

ما هو المصدر الطبيعي للسليلوز؟



1- الياف المواد الخشبية	2- قشور بعض ثمار الفواكه كالتمر.

يمكن تفكيك الجزيئات الكبيرة كالنشأ والسيليلوز الى مكوناتها من الكلوكوز وذلك بتفاعلهما مع محاليل الحوامض او بتأثير بعض الانزيمات وهي تشبه ما يحدث في أجسامنا عند هظم تلك المواد.

كلوكوز $\xrightarrow{\text{محاليل حوامض او انزيمات}}$ نشأ أو سيليلوز

كيف يمكن الكشف عن النشأ؟

وذلك بأضافة قطرات من محلول النشأ المائي الى محلول اليود في يوديد البوتاسيوم وظهور اللون الازرق دلالة على ان المادة المضافة هي النشأ.

البروتينات

وهي مواد تدخل في تركيب جميع انواع الخلايا وهي اساسية في غذاء الانسان لانها المصدر الاول للحوامض الامينية التي يحتاجها الانسان لنموه.

س2 الفصل/ يصعب فصل البروتينات بطرق كيميائية بسيطة؟

ج/ وذلك بسبب تشابه تركيبها الكيميائي وصفاتها الفيزيائية والكيميائية.

- العناصر المكونة لجزيئات البروتين

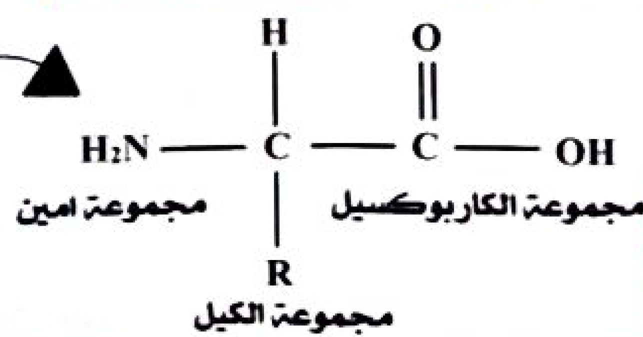
1- الكاربون	2- الهيدروجين	3- الاوكسجين	4- النيتروجين	5- أو احياناً على الكبريت والفسفور

الاحماض الامينية : وهي الوحدة الاساسية لبناء البروتين.

س ما المجموعتان الوضيفيتان في الاحماض الامينية؟

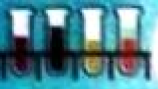
1- مجموعة الامين القاعدية	2- مجموعة الكاربوكسيل الحامضية

تشترك جميع الامينات بمجموعتي الكاربوكسيل والامين وتختلف في مجموعة الالكيل



الصيغة العامة للأحماض الامينية



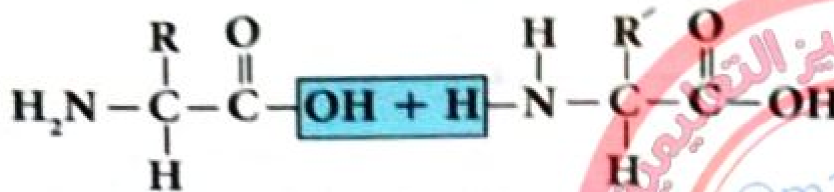


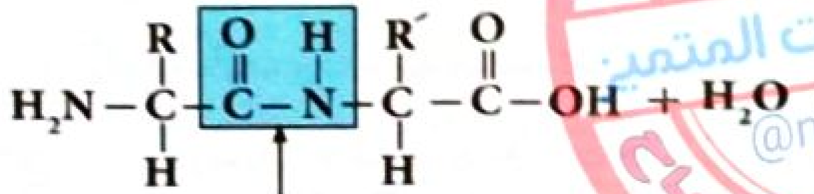
س2/ الفصل/ تتفاعل البروتينات مع الحوامض والقواعد؟

تمرين 8-1 علل ان البروتينات مواد ذات صفات حامضية - قاعدية (مواد أمفوتيرية)؟

ج/ بسبب المجموعتين هما الامين القاعدية NH_2 والكاربوكسيل الحامضية.

تكوين البروتين يتكون البروتين من ارتباط اعداد كبيرة من وحدات بنائية صغيرة هي الاحماض الامينية باواصر اميدية ((ببتيدية)).





❖ سيكون احد طرفي البروتين عبارة عن مجموعة كاربوكسيل والطرف الاخر مجموعة امين وفي ثناياه عدد من المجاميع الاميدية.

التفاعلات الاساسية للبروتينات: ان معظم التفاعلات المهمة للبروتينات هي التي تحدث في خلايا اجسام المخلوقات الحية ومعضمها يشمل تجزئة البروتين الى اجزاء صغيرة مكونة من واحد أو اكثر من الاحماض الامينية.

يمكن تجزئة البروتين في المختبر الى الاحماض الامينية المكونة له وذلك بالتفاعل مع الاحماض غير العضوية مثل HCl كما يمكن تجزئة البروتين الى املاح الاحماض الامينية بالتفاعل مع القواعد غير العضوية مثل $NaOH$.

بسبب كبر حجم البروتين تتخذ اشكالا تختلف في وضائفها وصفاتها الطبيعية

س/ ماهي اشكال البروتينات:

1. بروتينات تتخذ شكلا طبيعيا "ليفيا" كما في الكرياتين والشعر والصوف.
2. بروتينات شبه كروية كما هو في البيض.

س/ بماذا تتمثل الوظائف الاساسية للبروتينات ؟

ج/ تقوم بوضائف اساسية في اجسام المخلوقات الحية تعتمد الى حد كبير على الشكل العام للجزيئات واي تأثير يغير من الشكل العام للبروتينات في هذا المواد يعطلها عن عملها ويؤثرعلى حياة المخلوق الحي.

س/ ماهي اشهر البروتينات والمواد الحيوية في اجسامنا ؟

ج/ الانزيمات - الهرمونات - الهيموكلوبين في الدم.

الانزيمات

وهي صنفاً من البروتينات توجد في جميع خلايا الجسم كعوامل مساعدة عضوية تتكون داخل الاجسام الحية وتعمل بصورة مستقلة ولها فاعلية في العمليات الحيوية كالهضم والتمثيل الغذائي وعملية التنفس.

تتكون الانزيمات داخل جسم الكائن الحي وتتجدد باستمرار بسبب انها تفقد فاعليتها بمرور الزمن في اثناء التفاعلات الحيوية ويكون عملها ضمن PH معين وتتلف بالحرارة كما ان لها مضادات توقف عملها.

تعمل الانزيمات كعوامل مساعدة للتقليل من الطاقة اللازمة (طاقة التنشيط اوطا) لحدوث التفاعل عنه بدون انزيم.

هناك نوعان من الانزيمات:

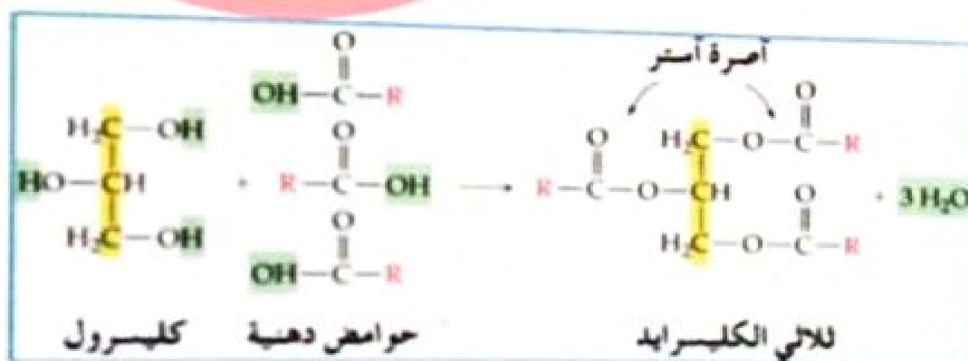
01 الانزيمات الداخلية: وتعمل داخل الخلية نفسها وليس لها القابلية على التنافذ خلال غشاء معين مثل الانزيمات التأكسدية.

02 الانزيمات الخارجية: ويكون عملها خارج الخلية (اي بعد افرازها من الانسجة) مثل الانزيمات الهاضمة.

الدهون (الليبيدات)

وهي مركبات لا تذوب في المذيبات القطبية كالماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالايثر والكلوروفورم وتكون ذات ملمس دهني

تكون الدهون عبارة عن استر ثلاثي للكليسرول مع الحوامض الشحمية وتتكون من سلسلة هيدروكاربونية ($C_{24} - C_{12}$) ولها مجموعة كاربوكسيلية طرفية ويدعى هذا التركيب بثلاثي الكليسرايد

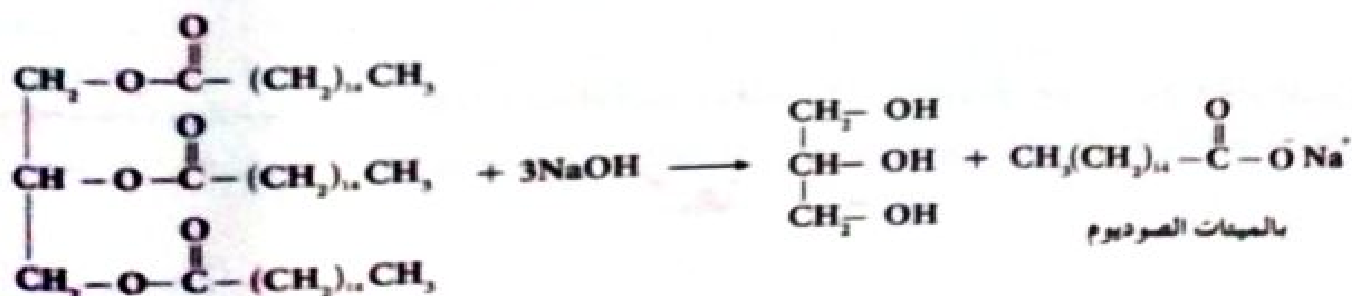


الصابون

وهو عبارة عن ملح الصوديوم (او البوتاسيوم) لحامض دهني .

س/ كيف تتم عملية الصوبنة او عرف الصوبنة؟

ج/ تتم عملية الصوبنة هذه بفعل القواعد القوية مثل $NaOH$ او KOH على الزيت او الدهن Fat ويضاف محلول لملح كلوريد الصوديوم فتتصلب مادة تتكون على شكل طبقة سميكة ترشح من خلال قطعة قماش لينتج الصابون بعد غسله بالماء البارد لازالة بقايا الملح .



س/ على ماذا يتوقف عمل الصابون :

ج/ يتوقف عمل الصابون الناتج من عملية الصوبنة على نوع القاعدة المستخدمة ونوع الزيت حيث:

اذا استخدمنا $NaOH$ ينتج الصابون الصلب.

اذا استخدمنا KOH ينتج الصابون الطري السائل المستخدم في الغسيل او كريم الحلاقة.

تمرين 8-2 لماذا لا يستخدم الكالسيوم او المغنيسوم بدلا عن الصوديوم والبوتاسيوم في صناعة الصابون؟

ج/ بسبب ان الكالسيوم والمنغنيسوم قد يسببان عسرة ولا يرغو الصابون فيهما.

حل اسئلة الفصل الثامن المتبقية

س1 اختر الاجابة الصحيحة:

1- اي المواد التالية ليس مصدرها بروتينا:

أ- جزئ مركب يحتوي على الكاربون والاوكسجين والهيدروجين والكبريت

ب- جزئ مركب يحتوي على الكاربون والهيدروجين والنيتروجين جـ- مركب يتفاعل مع الحوامض والقواعد

2- يتكون جزئ السكروز من وحدة صغيرة هي:

أ- كلوكوز ب- فركتوز جـ- كلوكوز و فركتوز

3- اي من العناصر التالية لا يوجد في الحوامض الامينية:

أ- النيتروجين ب- الفسفور جـ- الاوكسجين د- الكاربون

4- اي البوليمرات التالية تعد الحوامض الدهنية الوحدة البنائية (المونمر) لها:

أ- البروتينات ب- الكاربوهيدرات جـ- اللبيدات (الدهون)

س2 علل مايأتي

أ- يعد سكر الفركتوز من السكريات المختزلة ؟ راجع الملزمة ص 145

ب- تتفاعل البروتينات مع الحوامض والقواعد ؟ راجع الملزمة ص 147

جـ- يصعب فصل البروتينات بطرق كيميائية بسيطة ؟ راجع الملزمة ص 146

س3 اشتبه عليك محلولان احدهم نشأ والاخر كلوكوز فكيف يمكنك التمييز بينهما في المختبر

ج/ نقوم باضافة احد المحاليل في محلول يوديد البوتاسيوم KI اذا ظهر لون ازرق هذا يعني انه نشأ واذا لم يظهر هذا ليس نشأ بل كلوكوز

س4 اكمل الجدول التالي:

وجه المقارنة	الكلوكوز	الفركتوز
الصيغة الجزيئية	راجع الملزمة	راجع الملزمة
الصيغة البنائية المفتوحة	راجع الملزمة	راجع الملزمة
المجموعة الوضيفية المميزة في الحالة المفتوحة	راجع الملزمة	راجع الملزمة
المجموعة الوضيفية المميزة في الحالة الحلقية (المغلقة)	راجع الملزمة	راجع الملزمة

تم بحمد الله

